

Eckehardt J. Kühn

VISUELLE MENGENERFASSUNG
BEI KLEINKINDERN

— eine allgemein- und entwicklungspsychologische Studie —

*Diss
Münster*

1985

P s y c h o l o g i e

VISUELLE MENGENERFASSUNG BEI KLEINKINDERN

- eine allgemein- und entwicklungspsychologische
Studie -

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der

P h i l o s o p h i s c h e n F a k u l t ä t

der

Westfälischen Wilhelms-Universität

zu

Münster/Westf.

vorgelegt von

Eckehardt J. Kühn

aus Brottewitz/Kreis Bad Liebenwerda

1985

Tag der mündlichen Prüfung: 03. Juni 1985

Dekan: Prof. Dr. G. Ressel

Referent: Prof. Dr. Chr. Becker-Carus

Korreferent: Prof. Dr. H.M. Trautner

Herrn Prof. Dr. Becker-Carus und in besonderer Weise
Herrn Dr. phil. D. Simons danke ich für die Anregungen
und Hinweise, mit denen sie die Entstehung dieser Arbeit
über die Jahre bedacht und begleitet haben.

Herrn cand. psych. E. Leihmann danke ich für die
Berechnung der linearen Regressionen, die im Rahmen
der statistischen Auswertung notwendig waren.

INHALT	SEITE
1. EINLEITUNG	1
2. VISUELLE MENGENERFASSUNG IN DER FORSCHUNG	9
2.1. Zur Begriffsbestimmung der Mengenerfassung	9
2.2. Theoretischer Kontext der visuellen Mengen- erfassung	11
- Verkettungsmodell der basalen kognitiven Kompetenzen nach GELMAN und GALLISTEL	11
- Zusammenfassung	18
2.3. Visuelle Mengenerfassung bei Erwachsenen	21
2.3.1. Modell zur visuellen Mengenerfassung	21
- Die vorexperimentelle Phase	21
- Die experimentelle Phase	22
2.3.2. Methodische Aspekte und Befunde der visu- ellen Mengenerfassung bei Erwachsenen	28
- Raum- und Lichtverhältnis	28
- Versuchspersonen und Stichprobengröße (N)	28
- Versuchsanleitung	29
- Stimulusumfang (n)	31
- Versuchsmaterial	32
- Bedeutung von Mustern für die Mengenerfassung	36
- Darbietungszeit der Objekte	41
2.3.3. Spezielle Versuchsbedingungen	44
- Variation der Objektbedingungen	44
- Einfluß der Objektdistanz auf die Mengen- erfassung	44
- Veränderung der Objektklarheit	44
- Einfluß des Blickwinkels	46
2.3.4. Allgemeine Grenzwertbestimmung	48
2.3.4.1. Meßmethodische und Auswertungsaspekte	48
- Genauigkeitskriterium - 100% richtige Lösungen	49
- Genauigkeitskriterium - 50% richtige Lösungen	49
- Genauigkeit und Reaktionszeitmessung	50
- Genauigkeit, Reaktionszeiten, persönliche Sicherheit und Introspektion	51

2.3.4.2. Fehleranalyse unter dem Aspekt der Über- und Unterschätzung	52
2.3.4.3. Ergebnisse der allgemeinen Grenzwertbestimmung	54
2.3.5. Zusammenfassung der Befunde bei Erwachsenen	61
2.4. Visuelle Mengenerfassung bei Kindern	62
2.4.1. Allgemeine Versuchsbedingungen	64
- Versuchspersonen und Stichprobengröße (N)	64
- Versuchsanweisung	65
- Stimulusumfang (n)	66
- Versuchsmaterial	67
- Darbietungszeit der Objekte	69
- Objektdistanz, Blickwinkel und Objektklarheit	69
2.4.2. Ergebnisse der visuellen Mengenerfassung bei Kindern	70
- Blickwinkel systematisch variiert	73
- Veränderte Darbietungszeiten	73
2.4.3. Befunde der visuellen Mengenerfassung aus allgemeinspsychologischer Sicht	74
- Objektqualität	74
- Anordnung homogener Stimuli	80
2.4.4. Allgemeine Grenzwertbestimmung bei Kindern	84
- Zur Fehleranalyse	85
- Grenzwertbestimmung	85
2.4.5. Entwicklungspsychologische Befunde in der visuellen Mengenerfassung bei Kindern	87
- Qualitative Aussagen	88
- Einfluß der Darbietungszeit	90
- Bedeutung homogener und heterogener Stimuli	90
- Bedeutung figuraler Aspekte	91
- Quantitative Ergebnisse	93
2.4.6. Zusammenfassung der Ergebnisse bei Kindern	96

3. ABLEITUNG DER EIGENEN FRAGESTELLUNG	98
4. OPERATIONALISIERUNG	107
5. ENTWICKLUNG UND PRÜFUNG DES EXPERIMENTELLEN KONZEPTE	108
5.1. Übersicht über das experimentelle Design	108
5.2. Rahmenbedingungen und Versuchsmaterial	109
- Untersuchungsräume	110
- Sitzordnung während des Versuches	110
- Versuchsgerät mit den Tellern 1 und 2	112
- Zeitmesser: Stoppuhr	113
- Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Datenerhebung	113
- Natürliche Versuchsobjekte	115
- Mustervorlagen ruhender Punktmengen	116
- Protokollbögen	118
- Einführung und Versuchsanweisung	120
5.3. Voruntersuchung	122
5.3.1. Versuchsbedingungen im Pretest	122
5.3.2. Ergebnisse aus der Voruntersuchung	123
- Technische Hilfsmittel	123
- Ort, Raum, Zeit und Dauer	123
- Design der Voruntersuchung	124
- Versuchspersonen	124
- Versuchsanweisung und Versuchsleitung	125
- Definition von Abbruchkriterien	127
5.4. Die Hauptuntersuchung	127
- Versuchspersonen	127
6. AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER BEFUNDE DES EXPERIMENTES	130
6.1. Quantitative und Qualitative Fehleranalyse	131
6.2. Einfluß der Vorgabe auf die Mengenerfassung	135
6.3. Einfluß des Alters auf die Mengenerfassung	145
6.4. Auswertung der Beobachtungsdaten	151

6.5. Einfluß der Mengenanordnung	161
7. DISKUSSION DER BEFUNDE	166
8. ZUSAMMENFASSUNG	195
9. LITERATURVERZEICHNIS	202
ANHANG von Musterblättern und Urlisten	208

VISUELLE MENGENERFASSUNG BEI KLEINKINDERN

1. EINLEITUNG

Die Erforschung der visuellen Mengenerfassung hat eine lange Tradition, die bis in die Antike zurückgeht. GLANVILLE und DALLENBACH (1929, 207) berichten, daß ARISTOTELES davon überzeugt war: ein Mensch kann sich nur auf einen Gegenstand und nicht auf mehrere gleichzeitig konzentrieren. Diese Auffassung soll sich ca. 400 Jahre gehalten haben.

Damit war das Thema längst noch nicht abgeschlossen, sondern aufgrund eigener Beobachtungen und Erfahrungen widmeten sich immer wieder Forscher folgender Fragestellung: Wieviele Objekte können von einem Menschen ohne bewußtes Abzählen auf einmal erfaßt werden? Neuere Untersuchungen wurden in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts gemacht, so z.B. von SIR HAMILTON (1856-60, zitiert nach FERNBERGER, 1921); sie fallen mit der Entstehung der Psychologie als eigenständige Wissenschaft zusammen. SIR HAMILTON (o.J., zitiert nach JEVONS, 1871, 281) formulierte sein Forschungsinteresse folgendermaßen:

"Supposing that the mind is not limited to the simultaneous consideration of a single object, a question arises, How many objects can it embrace at once?"

Mit dieser Frage verband sich damals wie heute der Wunsch zu klären, ob die Mengenerfassung im Sinne einer sehr schnellen und korrekten Anzahlerfassung eine angeborene oder eine erlernte Fähigkeit ist.

In verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen und unter zahlreichen Aspekten ist man der Frage nachgegangen, so z.B. im Bereich der Tierpsychologie: SIMONS (1981) stellt heraus, daß im simultanen Mengenver-

gleich die Entwicklungshöhe der Tierart, die Komplexität der Aufgabenstellung (Zweifach-, Mehrfach- oder Musterwahl u.ä.), der verwendete Mengenumfang ($n = 1-6$ bzw. 7) und die Variation von Form, Größe und Lage der Objekte - meistens Punkte - einen bedeutsamen Einfluß auf die Mengenerfassung ausüben; zusammenfassend stellt er als Funktionseigenschaften bei Tieren in der Mengenbearbeitung fest:

- "1. eine sehr allgemeine, das spezielle Sinnesgebiet übergreifende Fähigkeit, 'Dreiheit' zu erfassen;...
2. eine vom Sinnesgebiet (...) und dem zentralen Informations-Verarbeitungs-Niveau abhängige Fähigkeit, größere Anzahlen als '3' erfassen zu können, und
3. die mangelnde Fähigkeit, mehr als '6' oder '7' Elemente gleichzeitig im Arbeitsspeicher verfügbar zu halten" (op.cit., 15).

Diese Befunde lassen erkennen, daß alle Tierarten Mengen bis zu 3 Elementen fehlerfrei erfassen können, während Mengen bis zu 6 Elementen nur von Tierarten mit entsprechender Entwicklungshöhe zu erfassen sind. Bei noch größeren Mengen versagen die meisten Tierarten.

Im Bereich der Humanpsychologie finden sich vielfache Hinweise auf die visuelle Mengenerfassung, wenn es um den Umgang und die Entwicklung von Zahlen und Zahlgebilde geht.

WERTHEIMER (1921) hat ausführlich ethnopsychologische Aspekte zum Umgang mit Zahlen bei Naturvölkern erarbeitet und beschrieben. U.a. stellte er bei ihnen sehr verschiedene Zahlreihen und Zählweisen fest (so z.B. Dreiersysteme); zudem konnte er beobachten, daß von 1-3 gezählt wurde, 4 und 5 gleichbedeutend mit 'mehr' sind und ab 6 'viele' beginnt, (op.cit., 336-342). Speziell zur Mengenbearbeitung bei Naturvölkern berichtet er, daß 'Mengenschätzungen' bis 3 im allgemeinen sicher sind, ab 5 Probleme auftreten und 6 Objekte

häufig in der Form 3+3 ohne eine echte Addition angegeben werden. Abschließend ist festzustellen: WERTHEIMER beobachtet unterschiedliche Formen des Erfassens in der Mengenbearbeitung und zwar in Abhängigkeit zum Mengenumfang: die 'Mengenschätzung' bis $n = 3$ und das 'Zählen'; letzteres wird nicht unbeschränkt praktiziert, wie wir es in unserem Kulturkreis gewohnt sind.

Neben diesen inhaltlichen Aussagen setzt sich WERTHEIMER für eine heuristische Methode ein, die jeweils auf den Forschungsgegenstand, die Versuchspersonen und die Fragestellung abgestimmt sein muß, um überhaupt zu sachdienlichen Befunden zu kommen. Dazu führt er aus:

"Es genügt nicht zu fragen, welche Zahlen und Operationen unserer Mathematik die Völker anderer Kulturen, insbesondere die sog. Naturvölker haben. (Womit man bisher glaubt, ihre Denkstufe in diesem Gebiet des Denkens festgesetzt zu haben.)

Die Frage muß lauten: Was für Denkgebilde haben sie in diesem Gebiet? - Welche Denkaufgaben? Wie geht ihr Denken an diese heran? (Welche Leistungen, welche Fähigkeiten werden erzielt?). Es gilt, die typischen Charakteristika ihres Denkens in diesem Gebiet zu finden.

Man geht an das Denken der sog. Naturvölker mit unseren Kategorien heran - Zahl, Ursache, abstrakte Begriffe -, wie sie sich in unseren biologischen, sozialen Verhältnissen, in unserer Geschichte herausgebildet haben, mit dem bündigen Vorurteil, daß ihr Denken nichts als Vorstufe sei, nur vager, rudimentärer, eventuell unfähiger, und versperrt sich dadurch selbst den Weg zu einer wirklichen Erkenntnis des tatsächlich Gegebenen.

Selbst in dem Falle, daß man es einfach mit einer rudimentären Vorstufe zu tun hätte, ist mit dieser Konstatierung wenig getan: auch dann ist für die Wissenschaft gerade die Erforschung der wirklichen speziellen Eigentümlichkeiten dieser Stufe, ihrer Kennzeichen und Denkbezüge, das Wichtigste." (WERTHEIMER, 1912, 322, vgl. auch 366)

Diese Aussagen von WERTHEIMER können auch unabhängig von dem konkreten Kontext dazu beitragen, angemessene

Wege für Studien mit explorativem Charakter zu suchen, um so die bisherigen Befunde und Modelle zur visuellen Mengenerfassung bei Kindern zu ergänzen. Wir kommen im folgenden noch einmal auf diesen Aspekt zurück.

In der weiteren Forschung lassen sich zwei Schwerpunkte bezüglich der visuellen Mengenerfassung unterscheiden: einmal wollte man allgemeingültige Aussagen zur visuellen Mengenerfassung gewinnen (Bereich der Allgemeinen Psychologie), zum anderen interessierte man sich für die Genese der Mengenbearbeitung und ihrer Prozesse beim Menschen.

Im allgemeinpsychologischen Bereich finden sich viele Untersuchungen mit zahlreichen Fragestellungen und methodischen Varianten, die an Erwachsenen untersucht worden sind. Allen gemeinsam ist die Grundfrage: Wie genau und/oder wie schnell werden Mengen in Abhängigkeit zu Umfang und Anordnung erfaßt, und auf welche Art und Weise geschieht das? (vgl. u.a. JEVONS, 1871; WARREN, 1857; TAVES, 1941; KAUFMAN et al., 1949; KLAHR, 1973 a; ATKINSON et al., 1976; SIMONS et al., 1982; um nur einige zu nennen).

Die Berichte über Untersuchungen an Erwachsenen enthalten Befunde und Interpretationen zur visuellen Mengenerfassung und deren unterschiedliche Prozesse in Relation zum Mengenumfang.

Diese Ergebnisse bei Erwachsenen regten wiederum die Forschung in dieser Frage an Kindern unter allgemein- und entwicklungspsychologischen Aspekten an (vgl. KAUFMAN, 1949; MANDLER und SHEBO, 1982). Man interessiert sich dafür, ob bei Kindern ähnliche oder gleiche Teiloperationen in der visuellen Mengenerfassung vorliegen, ob diese gleichermaßen vom Mengenumfang abhängig sind, und ob oder inwieweit sie sich mit zunehmendem Alter entwickeln (ontogenetischer Aspekt) (vgl. FREEMAN, 1910; BECKWITH und RESTLE, 1966;

SCHAEFFER, EGGLESTON und SCOTT; 1974; CHI und KLAHR, 1975; GELMAN und TUCKER, 1975; GELMAN und GALLISTEL, 1978).

Im Zusammenhang mit der visuellen Mengenerfassung bei Kindern steht immer der Name PIAGET (und SZEMINSKA). Diese Verbindung ist inhaltlich wie methodisch nur bedingt zulässig: PIAGET et al. (1941) haben ausführliche Untersuchungen zur Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde gemacht und dafür ein 'Drei-Stufen-Modell' erarbeitet; sie haben dabei aber nicht die visuelle Mengenerfassung als Wahrnehmungsprozeß in Abhängigkeit zum Mengenumfang und Alter untersucht; vielmehr suchten sie nach der Entwicklung des 'vollständigen' Zahlenbegriffs beim Kinde auf dem Niveau des 'konkret-operativen Denkens' (3. Stufe; auf dieser Stufe ist das 'Konservieren' von Merkmalen und die 'Invarianz' der Menge für das Kind unmittelbar evident und logisch (vgl. PIAGET et al., 1941; RAUH, 1972, 60 ff.); ähnliche Modelle zur Entwicklung des Zahlenbegriffs erarbeiteten auch GAST (1957) und WOHLWILL (1960).

Insgesamt ist das Konzept von PIAGET et al. logisch schlüssig und empirisch entwickelt worden, dennoch ist es mit inhaltlichen wie methodischen Vorbehalten behaftet:

- die Mengeninvarianz als Kriterium für den vollständigen Zahlenbegriff konnte bei Kindern nur für Mengen bis zu 6 Elementen nachgewiesen werden; für größere Mengen konnte sie nicht mehr beobachtet werden;
- des weiteren verwenden sie in den klassischen Zahl-Konservierungs-Tests den Mengenvergleich als ausschließliche Methode (gleiche oder ungleiche Mengenumfänge bei unterschiedlicher oder gleicher Anordnung); diese Methode ist weder der Fragestellung noch den Versuchspersonen angemessen; zudem bedeutet sie eine zu einseitige Festlegung, die differenzierte Ergebnisse über das bisher Gefundene hinaus nicht zuläßt;
- an ihrem Theoriemodell wird ferner kritisiert, daß sie die ersten 2 Stufen nicht positiv beschrieben, so z.B., daß Dreijährige egozentrisch und nicht

sachbezogen sind, daß sie weder die Reversibilität noch die Kompensation beherrschen, und sich vordergründig, vorkategorial und vornumerisch verhalten; von ihm werden nicht die schon vorhandenen kognitiven Leistungen positiv erfaßt und systematisiert; stattdessen vermerken sie alles, was zum vollständigen Zahlverständnis fehlt (Negativdefinition).

Federführend mit dieser Kritik sind vor allem GELMAN und GALLISTEL (1978) und begrenzt auch SCHAEFFER et al. (1974); letztere entwickelten ein 'hierarchisch-integratives Modell' zur Genese des Zahlbegriffes auf der Basis von 6 Teiloperationen; damit gelang es ihnen, den Entwicklungsprozeß positiv und konkreter zu beschreiben und von den 'unklaren' Zwischenstadien in PIAGET's 'Drei-Stufen-Modell' Abstand zu nehmen (op. cit., 1974, 370-378).

Abschließend weisen wir darauf hin, daß es zwischen den Untersuchungen von PIAGET et al. und der Erforschung der visuellen Mengenerfassung zwar Berührungspunkte gibt; dennoch sind weder der Gegenstand, noch die Fragestellung und die Befunde miteinander vergleichbar.

Die allgemeinen Aussagen von PIAGET et al. wurden von GELMAN (1972) und GELMAN und GALLISTEL (1978) speziell hinterfragt: nicht zuletzt überraschen Kinder und Kleinkinder im täglichen Umgang häufig mit kognitiven Leistungen, sei es in der Einschätzung sozialer Situationen, im Sprachgebrauch und dem daran erkennbaren logischen Denken und dem Spiel mit Objekten (phantasievolles Spiel mit Gegenständen, die sinnvoll aufeinander bezogen werden).

Diese und ähnliche Erfahrungen mit jungen bis sehr jungen Kindern veranlaßten sie zu fragen, ob die allgemeinen- und entwicklungspsychologischen Befunde und Modelle wirklich den tatsächlichen Fähigkeiten und Kompetenzen der Kinder entsprechen, oder ob sie nur einen sehr begrenzten Ausschnitt derselben wiedergeben; begrenzt deshalb, weil die Befunde nicht nur von der

Fragestellung, sondern auch von der Untersuchungsmethode abhängig sind; so versagen gleichalte Kinder im klassischen Konservierungsversuch, während sie die gleichen Mengen bei Verwendung einer anderen Methode als invariant behandeln (vgl. GELMAN, 1972, 86-89).

Insofern halten sie es für sinnvoll und sachlich geboten, verstärkt zu fragen, ob Kinder nicht schon viel mehr können, als allgemein von ihnen angenommen wird, insbesondere auch im Bereich der visuellen Mengenerfassung. Sie fordern deshalb generell größere Freiheiten und viel Phantasie in der Methode, um die aufgeworfene Fragestellung umfassender und gültiger beantworteten zu können (vgl. auch WERTHEIMER, 1912, 322). GELMAN und GALLISTEL beziehen in ihre Untersuchungen immer jüngere Kinder ein, steigern schrittweise die Objektmenge ($n = 1 - x$) und gehen kindgemäß, d.h. spielerischer in der Methode vor. Die Literatur über die Untersuchung der visuellen Mengenerfassung bei Erwachsenen und Kindern wird im Hauptteil eingehend referiert werden.

Faßt man diese Ausführungen zusammen, so ist als vorläufiges Fazit festzuhalten:

- die visuelle Mengenerfassung bis zu 8 oder 10 Elementen ist bei Erwachsenen schon eingehend erforscht; von KLAHR (1973 a) wurde dazu sogar ein allgemeines Modell entwickelt;
- das trifft auf Kinder nur sehr bedingt zu: bei Kindern bis zu 5 Jahren ist nach Aussagen von CHI und KLAHR (1975) eine ähnliche Mengenerfassung wie bei Erwachsenen festzustellen; doch die Frage nach der visuellen Mengenerfassung bei Kindern unter 5 Jahren ist damit noch nicht geklärt.

Diese Studie beabsichtigt diese offene Frage und letztlich die Frage nach der Entwicklung der visuellen Mengenerfassung bei Kleinkindern weiter zu klären. Damit sind unmittelbar einige Zusatzfragen verbunden, wie etwa:

- Bis zu welchem Mengenumfang werden die Mengen von dieser Altersgruppe fehlerfrei erfaßt?

- Ab welcher Menge treten Fehler auf und wie groß ist ihr Anteil?
- Wie schnell werden die Mengen erfaßt und in welchem Maße ist die Erfassungszeit vom Mengenumfang abhängig?
- Lassen sich in Relation zum Mengenumfang unterschiedliche Formen der Bearbeitung feststellen?
- Inwieweit läßt sich das Modell von KLAHR (1973 a) auch auf Kinder unter 5 Jahren übertragen?

Um diese Fragen klären zu können, ist unter Berücksichtigung der Aussagen von WERTHEIMER (1912) und GELMAN und GALLISTEL (1978) folgendes geplant:

- an der Untersuchung sollen Kinder im Alter von 3-6 Jahren teilnehmen;
- bei diesen Kindern soll dieselbe Untersuchungsmethode wie bei Erwachsenen, aber in spielerischer Form verwendet werden (vgl. CHI und KLAHR, 1975; SVENSON und SJÖBERG, 1978);
- weiter wird darauf geachtet, welche methodische Veränderung zusätzlich aus den Befunden in der Literatur abzuleiten ist, um die aufgeworfenen Fragen kindgemäßer untersuchen zu können.

2. VISUELLE MENGENERFASSUNG IN DER PSYCHOLOGISCHEN FORSCHUNG

2.1. ZUR BEGRIFFSBESTIMMUNG DER MENGENERFASSUNG

Die Untersuchung und Erforschung der kognitiven Leistung "Mengenerfassung" firmierte und lief unter den verschiedensten Namen und Begriffen, die wiederum Hinweise auf implizierte Konzepte und Theorien enthalten; allerdings trug die Begriffsvielfalt auch zu Mißverständnissen unter den Autoren bei (vgl. FERNBERGER, 1921, 121).

So sprach man lange Zeit unter Berufung auf ARISTOTELES (vgl. GLANVILLE und DALLENBACH, 1929, 207-209, 236) von einer Aufmerksamkeitsspanne oder einem Aufmerksamkeitsumfang ("span" oder "range of attention" GILL und DALLENBACH, 1926; GLANVILLE und DALLENBACH, 1929; SALTZMAN und GARNER, 1948).

Deutlich wird, daß es sich um Aufmerksamkeit, um Konzentration und Interesse handelt; sie stehen zwar in einem Zusammenhang mit der Mengenerfassung, aber definieren diese nicht vollständig.

Klar ist, daß zur Erfassung von Objekten Aufmerksamkeit erforderlich ist, aber nicht bei jeder Aufmerksamkeits- oder Konzentrationsleistung handelt es sich um die hier gestellte Frage nach den mentalen Prozessen der Mengenerfassung und deren maximalem Umfang. Allgemein definiert SZELISKI "span of attention" als "the quantity perceived in a single, instantaneous act of the mind" (1924, 135).

Die allgemeine Unklarheit der Begriffe macht auch der Wechsel in der Themenstellung über ein Jahrhundert deutlich: man wechselte von der Erforschung der Aufmerksamkeitsspanne zur:

- Mengenunterscheidung (discrimination)
vgl. dazu JEVONS, 1871; HUNTER und SIGLER, 1939;

PIAGET et al., 1941; KAUFMAN et al., 1949;

- unmittelbare Erfassung oder Auffassung (immediate apprehension oder perception)
vgl. dazu NANU, 1904; FERNBERGER, 1921; SZELISKI, 1924; MOKRE, 1928; PAULI, 1934; TAVES, 1941; SALTZMAN und GARNER, 1948; AVERBACH, 1963 und SIMONS und LANGHEINRICH, 1982 b;
- Mengenurteile oder - beurteilung (numerosity judgements)
vgl. dazu bes. ATKINSON, CAMPBELL und FRANCIS, 1976.

Wie oben schon ausführlicher angesprochen handelt es sich bei einer Reihe von Studien um Diskriminationsaufgaben: zwei Mengen mit gleicher oder unterschiedlicher Anordnung müssen miteinander verglichen und beurteilt werden, ob die Mengen gleich oder ungleich sind; diese Mengenvergleiche mit eingeschränktem Mengenumfang ($n = 4-6$) behandeln vor allem die Arbeiten von TRABASSO et al. (1966), BEILIN (1968) und BEVER, MEHLER und EPSTEIN (1968).

Wieder andere Arbeiten widmeten sich bei bewegten Objekten der Schätzung größerer Mengen (von $n = 6:7$ bis $n = 13:14$) wie z.B. die Studie von BECKER (1957).

Entnimmt man aus den anderen genannten Begriffen die generelle Forschungsabsicht im Kontext der wirklich bearbeiteten Untersuchungsfragen, dann ergibt sich folgende Fragerichtung:

- wo liegt die Grenze der numerischen Verarbeitung, die mit einem momentanen und offensichtlich einzigen Akt geistiger Aufmerksamkeit erreicht wird (vgl. 'attention' nach JEVONS, 1871, 281 a),
- und wo liegt die Grenze korrekter visueller Erfassung von Objektmengen (vorläufige Terminologie nach FERNBERGER, 1921, 123);

und gerade bei Studien aus jüngerer Zeit:

- wie schnell werden die Elemente bei steigendem Mengenumfang verarbeitet, oder bleibt die Verarbeitungszeit (= Reaktionszeit) bei unterschiedlichen Mengen gleich - oder verändert sie sich in Abhängigkeit zum Stimulusumfang? (vgl. dazu bes. KLAHR, 1973;

ATKINSON et al., 1976; MANDLER et al., 1982 und SIMONS et al, 1982).

Es handelt sich immer um die Erforschung der Mengenerfassung, insbesondere der zugrundeliegenden mentalen Prozesse, und - sofern nicht anders möglich - wird versucht, über Grenzwertbestimmungen Verarbeitungsprozesse zu unterscheiden und zu definieren.

2.2. THEORETISCHER KONTEXT DER VISUELLEN MENGENERFASSUNG

Wie zuvor schon erwähnt, steht die Mengenerfassung inhaltlich in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Zahlbegriff und -verständnis; entwicklungspsychologisch betrachtet steht sie zudem in Kontext der Genese des Zahlbegriffs beim Menschen.

Viele Autoren - unter ihnen PIAGET und SZEMINSKA (1941), SCHAEFFER et al. (1974) GELMAN (1972) und GELMAN et al. (1978) - haben sich um Klärung in der Ontogenese des Zahlbegriffs bemüht.

Letztere entwickelten in ihrem Modell detailliert den inhaltlichen Bezug zwischen Zahlbegriffsentwicklung und Mengenerfassung; aus diesem Grund stellen wir ihr Konzept ausführlicher dar, während wir die Vorstellungen der anderen bei den bisherigen zusammenfassenden Andeutungen belassen. Interessierte Leser verweisen wir auf die entsprechenden Literaturangaben.

- Verkettungsmodell der basalen kognitiven Kompetenzen nach GELMAN und GALLISTEL

Auf dem Hintergrund ihrer inhaltlichen und methodischen Kritik an früheren Modellen (vgl. o.) und auf der Basis ihrer eigenen Erfahrungen, Gedanken und Experimente - letztere werden später noch eingehender beschrieben und gewertet - stellen sie folgende Grund-

these auf: Vorschüler haben keine besonderen qualitativen Mängel im Bereich kognitiver Fähigkeiten, letztlich vielleicht überhaupt keine, die für sie einzigartig wären (GELMAN et al., 1978, 12). Als Ziel ihrer Arbeit formulieren sie folgende Perspektive: sie wollen in das Wissen und in die Fähigkeiten bei untrainierten Vorschülern Einsicht nehmen, Kenntnissse gewinnen und sich nicht mit der o.g. Mängelliste begnügen (op.cit., 1978, 5).

Im ersten Teil ihrer Werke bedenken sie die vielfältigen Trainingsversuche, die in diesem Zusammenhang unter den Aspekten

- . der Konservierung,
- . der Gedächtnisleistungen und
- . der Organisation bzw. Klassifikation

durchgeführt worden sind. Die Ergebnisse aus diesen Studien sind mehrfach interpretierbar; andererseits entnehmen GELMAN und GALLISTEL - da schon nach sehr kurzer Trainingsphase (Häufigkeit und Dauer) ein Leistungsplateau erreicht wurde -, daß die beobachteten kognitiven Leistungen nicht aufgebaut oder induziert, sondern lediglich als schon verfügbare mentale Fähigkeiten aufgedeckt wurden; bei Kleinkindern besteht die Differenz nur darin, daß sie der kurzen Übung bedürfen, während ältere und Erwachsene darauf verzichten können.

Letztlich besteht der Unterschied nur in der konkreten Anwendung vorhandener Fähigkeiten. Die Mehrdeutigkeit der Befunde aus den Trainingsstudien werfen einige Fragen auf:

"- was wissen wir tatsächlich über die kognitiven Fähigkeiten von Vorschülern, deren Nachweis in den Standardtests versagt, Tests, die für 7-Jährige eine Leichtigkeit sind;

- sofern Vorschüler einige mentale Fähigkeiten auf diesem Gebiet besitzen, indem sie trainiert wurden, ist es dann auch durchaus möglich, daß die Trainingsstudien eher das Aufdecken dieser Fertigkeiten als das Induzieren derselben fördern?" (op.cit., 1978, 22-24)

Um diese Fragen begründet beantworten zu können, müßten die Fähigkeiten und Fertigkeiten präexistent bei untrainierten Vorschülern nachgewiesen werden können.

Unter Bezug auf die Sprachfähigkeit von Kleinkindern, auf Klassifikationsversuche etc. finden sie einige Nachweise für ihre Hypothese; auch gibt es entsprechend begründete Hinweise für den "nichtegozentrischen" Vorschüler; sie berufen sich dabei auf die Arbeiten von SHATZ (1973) und SHATZ und GELMAN (1973):

in einem Experiment sollen 4-Jährige die Arbeits- und Funktionsweise eines Spielzeuges erklären, zunächst 2-Jährigen, dann Erwachsenen; die Untersucher konnten einen sinnvollen und dem jeweiligen Adressaten angemessen differenzierten Sprachgebrauch der 4-Jährigen feststellen und zogen folgende Schlüsse:

- . Vorschüler kommunizieren nicht immer egozentrisch;
- . es muß beim Kommunikator schon eine Begriffsentwicklung über das kognitive Fassungsvermögen, das Alter, das Sprachniveau und die Aufmerksamkeitsspanne des Kommunikanden vorhanden sein.

In einem anderen Versuch mit Geschenken waren 2- und 4-Jährige beteiligt; sie hatten die Aufgabe, aus vorhandenen Geschenken jeweils eines für ein 2-jähriges, für ein 4-jähriges Kind und für sich selbst auszusuchen. Entscheidend für eine angemessene Wahl war die erfolgreiche geistige Repräsentation der nicht vorhandenen Subjekte und die notwendige Zuordnung altersgemäßer Spielzeuge; sie erfolgte in positiver Übereinstimmung, d.h. das 2-jährige wählte überwiegend dasselbe Spielzeug für ein 2-jähriges wie für sich selbst und ein entsprechend anderes für das 4-jährige Kind; ähnlich verhielten sich die 4-jährigen Versuchspersonen.

Aufgrund dieser Befunde stellen GELMAN et al. fest, daß selbst die Jüngsten (2 J.) nicht einfach egozentrisch genannt werden können (op. cit., 1978, 43).

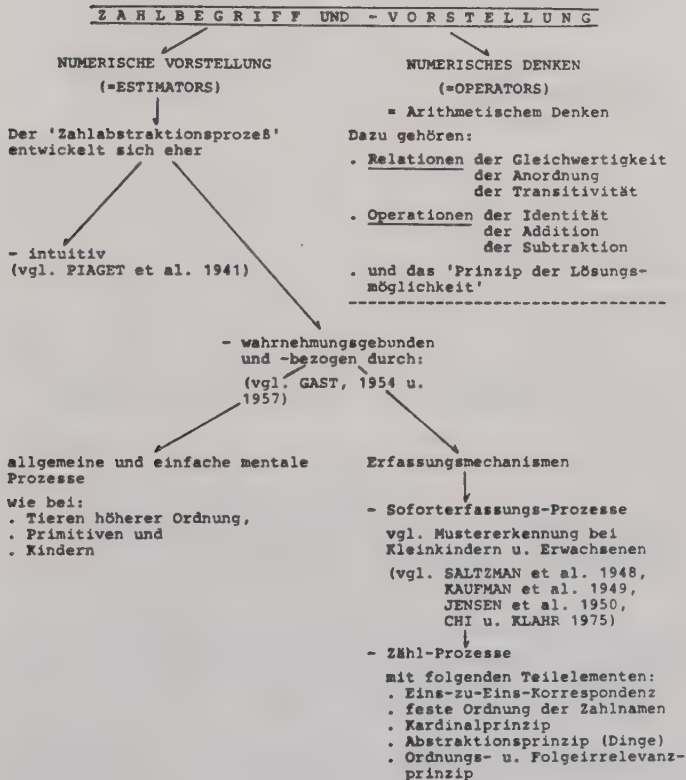
Doch nun näherhin zum Modell der Zahlbegriffsentwicklung in Verbindung mit den basalen kognitiven Fähigkeiten nach GELMAN und GALLISTEL. Sie gehen davon aus, daß es sich entscheidend anders mit der Genese des Zahlbegriffs bei Kleinkindern verhält, als es bislang von PIAGET et al. konzeptionell dargestellt wurde. Hinweise dafür glauben sie mehrfach gefunden zu haben: Vorschüler beherrschen die Klassifikation, sind nicht egozentrisch etc.; warum sollte im numerischen Bereich nicht ebenfalls das Gegenteil der Annahmen von PIAGET nachweisbar sein? Sie beabsichtigen unzweifelbar nachzuweisen, daß selbst Vorschüler die Regel der Mengeninvarianz beachten.

Ihre Ergebnisse fassen sie wie folgt zusammen: im Bereich der Mengenabstraktion (Zählen, Schätzen etc.) oder Mengenerfassung kann bei Vorschülern folgendes eindeutig beobachtet werden:

- . Kleinkinder erfassen den Kardinalwert einer kleinen Menge; ($1 \leq n \leq 4$ oder 5)
- . sie beachten mengenirrelevante Eigenschaften oder Transformationen (bzgl. Farbe, Form, Typ, Länge, Dichte etc.) nicht;
- . bei zunehmendem Mengenumfang (bes. $n = 5$) läßt die Genauigkeit nach;
- . die Mengenantworten sind dann zwar ungenau, aber ordnungsgemäß und folgerichtig, d.h.:
größeren Mengen entsprechen größere Zahlennamen, die Ordinaleigenschaften der Zahl und die Zahlennamen werden gewußt;
ebenso besteht ein Verständnis für den Ordinalcharakter größerer Mengen, den Ordinalcharakter der Zahlennamenfolge und der Relation zwischen beiden.

Die Genese des Zahlbegriffs beim Kleinkinde stellen sich GELMAN und GALLISTEL etwa folgendermaßen vor:

Figur 1: Zahlbegriffsentwicklung nach GELMAN et al.



Sie unterscheiden im Zahlkonzept die "numerische Vorstellung" (estimators) und das "numerische oder arithmetische Denken" (operators):

- . die "numerische Vorstellung" bezieht sich auf das Erfassen von Mengen mit Zahlkategorien, wie Zählen, Schätzen etc.; dazu ist der Zahlabstraktionsprozeß notwendig, der sich ihrer Meinung nach wahrnehmungsgebunden und -bezogen entwickelt; sie berufen sich u.a. auf WUNDT (1907) mit seinen Wahrnehmungsmustern für Mengeneinheiten, auf GAST (1957) und seine Erkenntnis der Wahrnehmungsgebundenheit bei der Mengenerfassung von Kleinkindern; ergänzend weisen wir noch auf WERTHEIMER (1912) hin.

Im Gegensatz zur stammesgeschichtlichen Entwicklung und der damit verbundenen Interpretation der Befunde entscheiden sie sich für entsprechende Erfassungsmechanismen; begründet ist dies mehr aus ihrem speziellen Erkenntnisinteresse, nämlich nachzuweisen, daß die kognitiven Prozesse von Kleinkindern denen von Erwachsenen weit mehr ähneln oder gleichen, als bislang angenommen wurde. Zu den "Erfassungsmodi" gehören:

das 'subitizing' (im Folgenden mit Soforterkennen übersetzt und mit 's' abgekürzt): es entspricht einer Musterwahrnehmung als Mengeneinheit; dieser 'basale' kognitive Prozeß gleicht sich zwischen Kleinkindern und Erwachsenen, wenn auch Kinder bei gleicher Objektmenge wesentlich mehr Zeit benötigen;

das 'counting' oder 'enumeration' (im weiteren Text mit Abzählen oder Zählen übersetzt und mit 'c' abgekürzt): mit seinen Teilfertigkeiten; auch in diesem Moment besteht eine hohe Gleichheit der Prozesse zwischen den Vergleichsgruppen.

- . das "numerische Denken" wird erst im weiteren Verlauf positiv entwickelt; darunter subsumieren die Autoren die Elemente der Relation, der Operation und das Prinzip der Lösungsmöglichkeit (vgl. dazu GELMAN et al., 1978, 64-80).

Zu den Erfassungsmodi im einzelnen: die Differenzierung der Verarbeitungsprozesse bei der visuellen Mengenerfassung wurde zuerst mittels entsprechender Reaktionszeit-Versuche an Erwachsenen gefunden; GELMAN

et al. berufen sich auf die Befunde von KAUFMAN et al. (1949), SALTZMAN et al. (1948), JENSEN (1950) und KLAHR et al. (1973).

Danach unterscheiden sie:

die Sofortterfassung für kleinen Mengenumfang (die Reaktionszeit, die nötig ist, um den Zahlennamen zu produzieren in Relation zur vorgelegten Objektmenge) und

das Zählen für größere Mengen (das Stück-für-Stück-Abzählen entspricht dem gleichmäßigen Anstieg in der Reaktionszeit).

Wie verhält es sich nun bei den Kleinkindern? Als Ergebnis früherer Arbeiten kann festgehalten werden, daß Kleinkinder die Anzahl bei kleinem Mengenumfang zwar genau erfassen, aber bei größeren Objektmengen ($n = 4$ oder 5) schnell ungenau werden, d.h., die korrekte Mengenerfassung und der Abstraktionsprozeß von Kleinkindern endet da, wo bei Erwachsenen der Übergang von Sofortterfassung zum Zählen erfolgt.

GELMAN et al. werfen u.a. folgende Hauptfragen auf:

- . erwerben Kleinkinder, da sie an den Wahrnehmungsmechanismus gebunden sind, zuerst die Sofortterfassung und dann den Zählvorgang,
- . oder entwickeln sie zuerst das Zählen und dann die Sofortterfassung?

In Anlehnung an die Befunde von BECKMANN (1924), GELMAN und TUCKER (1975), GELMAN (1972), BECKWITH und RESTLE (1966) und CHI und KLAHR (1975) stellen sie fest:

Kleinkinder zählen kleine Mengen, und sie scheinen das Zählen nicht zählenden Prozessen vorzuziehen; 2- und 3-Jährige zählen bereitwillig Mengen der Größe $n = 2-4$, aber sie verweigern das Zählen beim Umfang von $n = 7, 11, 19$.

Des weiteren hat die Heterogenität der Stimuli bei kleinen Mengen keinen Einfluß auf das Zählen, sie zerstört aber vermutlich den Gestaltfaktor (op.cit., 1978, 70).

Abschließend vermuten die Autoren noch, daß das arithmetische Denken (operators) mit der Mengenvorstellung innig verbunden ist, die durch das Zählen erworben wird; dagegen scheinen diejenigen, die durch die Sofortfassung entwickelt wurden, keine signifikante Rolle im numerischen Denken zu spielen.

Insgesamt finden GELMAN und GALLISTEL (1978) keine prinzipiellen oder qualitativen Unterschiede zwischen den 'basalen' kognitiven Prozessen von Kleinkindern und Erwachsenen; lediglich der Grad der Generalisierung und der flexiblen und vielseitigen Anwendung zeigt Differenzen.

Zusammenfassung

Wir haben auf das 'Drei-Stufen-Modell' zur Entwicklung des Zahlbegriffs bei Kleinkindern (PIAGET) und auf die z.T. noch hypothetischen Aussagen zur hierarchischen Integration von numerischen Fertigkeiten nach SCHAEFFER et al. hingewiesen.

Beide konzeptionellen Richtungen vertreten die Vorstellung der hierarchischen Integration von mentalen Teiloperationen in einem Endstadium der kognitiven Entwicklung, wobei letzterer der Prozeß der Integration konkreter umreißt; PIAGET kommt das Verdienst zu, als erster ein schlüssiges und allgemeines Konzept zur Entwicklung der Intelligenz und des Zahlbegriffs beim Kinde erarbeitet zu haben, wenn auch mit den o.g. Nachteilen.

Fast konträr dazu stehen die Aussagen von GELMAN und GALLISTEL mit der Vorstellung der 'basalen' kognitiven Fertigkeiten, über die die Kleinkinder schon viel früher verfügen, als allgemein angenommen wurde;

sie haben das Interesse, nur positive Aussagen über das Entwicklungsstadium bzw. -prozeß der numerischen Fertigkeiten oder Elemente zu eruieren, sofern bei ihnen überhaupt noch von einer Genese des Zahlbegriffs gesprochen werden kann; im eigentlichen Sinn scheint dies nicht mehr möglich zu sein, denn sie sind davon überzeugt, daß Kleinkinder schon sehr viel oder fast alles über die Zahlvorstellung und das numerische Denken wissen bzw. darüber verfügen. Somit könnte man annehmen, daß es keine Vorläuferstadien in der Zahlbegriffsgenese bei Kindern gibt; die notwendigen Prinzipien scheinen überraschend aufzutauchen (d.h. Kleinkinder realisieren sie einfach), lediglich die geübte Praxis der Regel und deren Ausweitung auf weitere Anwendungsgebiete scheint erforderlich zu sein.

So verbleiben nach dem Urteil von SIEGLER (1979, 615) nur wenige Veränderungen im Sinne einer Entwicklung:

- . die Praxis als konkrete vielfältige Anwendung,
- . eine verbesserte motorische Koordination und
- . das Erlernen der Zahlenreihe.

Letztlich entsteht folgende Vermutung: die eigentliche Genese liegt in einem Schritt von der numerischen Vorstellung zum algebraischen Denken; doch dazu haben die Autoren GELMAN et al. keine experimentellen Forschungen betrieben. SIEGLER (op. cit., 1979) äußert den Verdacht, daß GELMAN et al. Kleinkinder zuviel kognitive Kompetenz zuschreiben.

Wir halten SIEGLER's Einwand für berechtigt: die Autoren suchen nach 'präexistenten' oder 'basalen' kognitiven Kompetenzen bei Kleinkindern, die es

nur zu finden gilt.

Da dieser Begriff sehr mißverständlich ist, weisen wir auf folgenden Sachverhalt hin: auch in der Zeit zwischen 0 - 2 Jahren findet eine kognitive Entwicklung bei Säuglingen und Kleinkindern statt; leider ist dieser Entwicklungsprozeß noch nicht näher geklärt; einer der ersten Versuche wurde in dieser Altersstufe von STARKEY und COOPER (1980) unternommen; die bisherigen Befunde legitimieren allerdings nicht dazu, generell von 'präexistenten' oder 'basalen' kognitiven Kompetenzen bei Kleinkindern im o.g. Sinne auszugehen. Unseres Erachtens überschreiten GELMAN und GALLISTEL mit diesen Aussagen qualitativ ihre zuvor begründete These: Kleinkinder verfügen über viel mehr kognitive Fertigkeiten und Fähigkeiten, als man allgemein in der Entwicklungspsychologie angenommen hat.

Zur konzeptionellen Einordnung ist festzuhalten: die Mengenerfassung als relatives und absolutes Mengenurteil ist nur eine komplexe numerische Teilleistung eines vollständigen Zahlkonzeptes.

PIAGET et al. (1941) unterscheiden in der Funktion des vollständigen Zahlbegriffs das Moment der Klassifikation, der Seriation und der Quantifikation; letztere entspricht der Mengenerfassung in unserem Sinn, sofern es sich um Mengenurteile handelt; nach PIAGET ist sie erst im 3. Stadium vollständig entwickelt, wenn auch das Verständnis der Mengeninvarianz ausgebildet ist.

SCHAEFFER et al. (1974) differenzieren stärker: sie unterscheiden verschiedene Formen der Mengenerfassung in den Verarbeitungsmodi: es handelt sich immer um Mengenurteile in Verbindung mit der Reaktionszeit-

Analyse; dieser Auswertungsmodus trennt deutlich zwischen der Sofortfassung bei kleiner Objektmenge und dem Zählen bei größerem Mengenumfang.

Ähnlich orientieren sich GELMAN et al.: die Mengenerfassung als 'basale' kognitive Kompetenz gehört in den Bereich der numerischen Vorstellung; sie ist weitgehendst wahrnehmungsgebunden (vgl. Musterwahrnehmung) und beinhaltet u.a. die Sofortfassung und das Zählen; das Sofortfassen hat allerdings keine eindeutige Präferenz vor dem Zählen, sondern Kleinkinder bevorzugen nach Meinung der Autoren eher das Abzählen selbst kleiner Mengen.

2.3. VISUELLE MENGENERFASSUNG BEI ERWACHSENEN

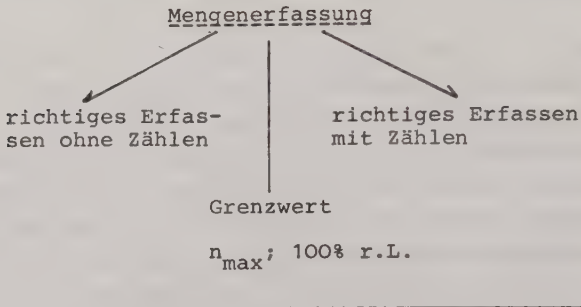
2.3.1. MODELL ZUR VISUELLEN MENGENERFASSUNG

Aus historischer Sicht unterscheiden wir in der Erforschung der Mengenerfassung eine eher vorexperimentelle und eine experimentelle Phase.

- Die vorexperimentelle Phase

JEVONS (1871) untersuchte in einem Selbstversuch, wieviele Objekte (schwarze Bohnen) er ohne Zählen richtig erfassen konnte; sein Auswertungskriterium war eine Genauigkeitsquote von 100 %, d.h. er sieht die Grenze der simultanen visuellen Mengenerfassung bei der Punktmenge, die gerade noch fehlerfrei erkannt wird. Auf diesem Wege entwickelte er folgende Modellvorstellung (Fig. 2):

Fig. 2: Modellvorstellung der Mengenerfassung nach JEVONS



Seine Vorstellung und Befunde verglich er mit den Ergebnissen aus früheren Arbeiten (op.cit., 1871, 5) und fand die Aussagen von TUCKER (o.J., zitiert nach JEVONS) bestätigt.

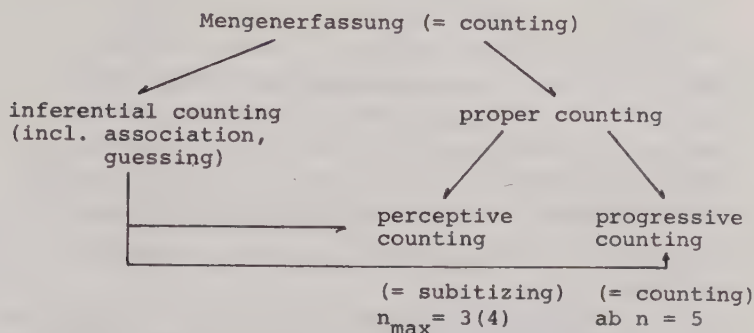
Zu ähnlichen Modellvorstellungen kamen in der Folgezeit u.a. NANU (1904), SZELISKI (1924), FERNBERGER (1921), HUNTER und SIEGLER (1939) und TAVES (1941).

- Die experimentelle Phase

Die zweite Phase begann mit WARREN (1897), der den Zählprozeß mit folgender Fragestellung untersuchte: Welches ist die maximale Objektmenge, die durch einen einzigen Erfassungsakt gezählt wird? (op.cit., 1897, 571).

Abgesehen von der durchgehenden Verwendung des Begriffes "Zählen" für alle Prozeßanteile oder Verarbeitungsmodi, der das allgemeine Verständnis erschwert, verdient seine Konzeption eine entsprechende Beachtung. Er unterscheidet demnach folgende 'Zählprozesse' innerhalb der Mengenerfassung (Fig.3):

Fig. 3: Konzeption der Mengenerfassung nach WARREN



Im folgenden definiert er die Teilstrukturen (op.cit. 1897, 587 ff.):

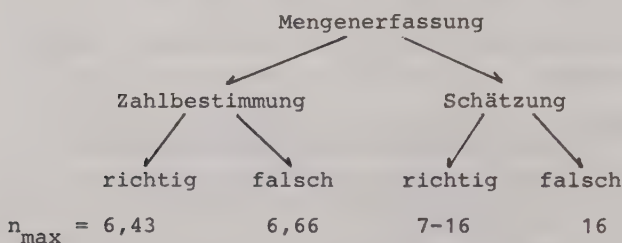
- . inference: der Begriff wurde gebraucht, wenn die Zahl aufgrund der Form genannt wurde, oder beeinflusst war durch die Erinnerung an dieselbe Figur, die zuvor gesehen wurde;
- . counting: dieser Terminus wurde für das fortschreitende Zählen (1 2 3...) verwendet; darunter ist auch die Eins-zu-Eins-Korrespondenz zwischen den Objekten einer Gruppe und der Reihe der natürlichen Zahlen zu fassen; (op.cit., 1897, 580)
- . guessing: dabei handelt es sich um eine Kombination von fortschreitendem Zählen für einen Teil der Versuchsgruppe; für die übrigen ist das Raten oder Urteilen wirklich eine spezielle Form des schlußfolgernden Zählens.

Ebenfalls hat WARREN (1897, 590) die Kombination der unterschiedlichen Zählelemente beobachtet, z.B. bei der Untergruppenbildung die Erfassung der Teilmengen durch Sofortenerfassung oder durch Zählen und deren Summierung. Diese Verarbeitungsform von Objektmengen zählt er zum "inferential counting" mit dem Hinweis, daß dieser Vorgang das "perceptive counting" verläßt.

gert und das "progressive counting" verkürzt (op.cit. 1897, 590).

Des weiteren befaßte sich PAULI (1934) mit der Zahl- und Objekterfassung bei kurzdauernder Darbietung und leitete folgende Vorstellung über die Gesamtleistung Mengenerfassung mittels Grenzwertbestimmung ab; als Kriterien benutzte er die sogenannten "Urteilszeiten" (= Reaktionszeiten) und die Genauigkeitsquote. Er unterscheidet folgende Teilleistungen (Fig. 4):

Fig. 4: Vorstellung zur Mengenerfassung nach PAULI

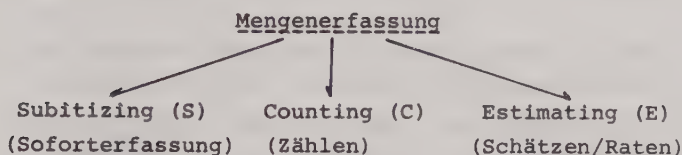


Während WARREN (1897) das 'Wahrnehmungszählen' schon eindeutiger gefaßt hat, definiert PAULI neben dem normalen Zählen kein Wahrnehmungszählen als Verarbeitungsform, stellt aber klarer das Schätzen (guessing, estimating) als eigene Form heraus.

Mit der Arbeit von KAUFMAN, LORD, REESE und VOLKMANN (1949) zum Thema "The Discrimination of Visual Number" findet eine Integration und vorläufige Endfassung der bisherigen Modellvorstellungen statt, die im Kern noch heute gilt; KAUFMAN et al. teilen die Gesamtleistung der Mengenerfassung in drei Modi auf, nehmen eine deskriptiv-empirische Begriffsbestimmung vor, die das allgemeine Verständnis er-

leichtert (vgl. Fig. 5).

Fig. 5: Konzeption der Mengenerfassung nach KAUFMAN et al.



Der Begriff "subitizing" ist neu; KAUFMAN et al. leiten ihn aus dem Lateinischen von den Wörtern 'subitus' (sofort/plötzlich) und 'subitare' (plötzlich ankommen) ab und versehen ihn mit der griechischen Endung '-ize'. Er wird von verschiedenen Autoren aufgenommen und mit Wendungen wie "immediate apprehension", "instantaneous apprehension with a single glance", "grasping by intuition" oder "apprehension with a single mental act" umschrieben. Wir übersetzen ihn mit "Soforterfassen" (vgl. dazu op.cit., 1949, 520).

KLAHR (1973 a, 7) umschreibt "subitizing" so:

"Subitizing is a somewhat mysterious but very rapid and accurate perceptual method of quantification."

Zudem unterscheidet er im Bereich der Mengenerfassung drei Methoden: das "subitizing", das "counting by enumeration" und das "counting by subitizing and adding".

Soforterfassung und Schätzen haben einiges gemeinsam: im Rahmen der Mengenerfassung sind beide genau, schnell und sicher; die Differenz zwischen beiden läßt sich nur statistisch nachweisen, und bis zu einem bestimmten Punkt besteht vom Ergebnis her kein Unterschied. Operational definieren die Autoren den Unterschied durch die ohne Zählen korrekt oder in-

korrekt (Fehlerprozente = F%) erfaßte Objektmenge. Sofortterfassung tritt auf, wenn die Objektmenge $n = 6$ ist; sofern $n > 6$ ist, setzt der Prozeß des Schätzens ein, wenn nicht das Zählen verwendet wird.

Das Zählen unterscheidet sich weit mehr von den bei den anderen Verarbeitungsformen: Zählen kann immer auftreten, muß es aber nicht. Kennzeichnend ist folgende Definition nach STEVONS (zit. nach KAUFMAN et al., 1949, 522):

"In order to specify the numerosity of any group we have merely to pair successively each object in the group with a numeral from the numeral-series, beginning of course with the first numeral in the series. This operation we call counting."

Die Aussage umschreibt die Eins-zu-Eins-Korrespondenz, die bei jedem Zählen verwendet wird.

Selbst beim Zählen in Zweiern oder Dreiern handelt es sich um die Anwendung zweier Fertigkeiten: um Sofort-erfassung und Zählen in Kombination mit der Addition.

Auf der Basis dieses Konzeptes von KAUFMAN et al. beruhen alle weiteren Untersuchungen und theoretischen Entwicklungen von JENSEN et al. (1950), KLAHR (1973 a u. b), ATKINSON et al. (1976), MANDLER und SHEBO (1982) und SIMONS und LANGHEINRICH (1982 a u. b).

Lediglich bei MANDLER und SHEBO (1982) läßt die Fragestellung eine Weiterentwicklung des Konzeptes vermuten: sie versuchen eine Analyse der Teilprozesse der Sofortterfassung; mittels einer Auswertung über Reaktionszeit-Funktionsverläufen nehmen sie an, daß die Sofortterfassung sich aus 3 Unterelementen zusammensetzt:

1. die Antworten auf Objektreihen mit $n = 1-3$ sind schnell und genau und basieren auf erlernten kanonischen Mustern;

2. die Antworten auf die Mengen $n = 4-6$ oder 7 beruhen auf mentalem Zählen und entsprechen der Aufmerksamkeitsspanne;
3. auf die Mengen $n > 6$ erfolgen nur noch Schätzungen, da sie nicht mehr mit mentalem Zählen erfaßt oder verarbeitet werden können (vgl. MANDLER und SHEBO, 1982, 1 u. 17-19).

Insgesamt ergibt sich kein neues Konzept, auch keine neuen Teiloperationen für die Mengenerfassung; die Analyse enthält keine neuen Details, sondern mittels verfeinerter Designplanung und genauerer Meßmethodik findet eine neue Grenzwertbestimmung für die Teilprozesse statt: der Grenzwert für Sofort erfassen liegt bei 3 Elementen, für 'mental counting' bei 6(7), für 'estimating' liegt der Anfangswert bei $n = 7$. Das bisherige Modell nach KAUFMAN et al. (1949) bleibt weiterhin gültig.

Wir werden uns im folgenden noch näher mit den Ergebnissen von MANDLER und SHEBO (1982) befassen, da sie auch Aussagen über die Mengenerfassung bei Kleinkindern gemacht haben (op.cit., 1982, 1 u. 19).

Zudem stellte sich für verschiedene Autoren mit der Konzeptentwicklung der Mengenerfassung bei Erwachsenen immer wieder die Frage, wie die Genese dieser Vorgehensweisen, Strategien und Funktionen bei Kindern verläuft, und welche Grenzwertbestimmungen sich ergeben (vgl. dazu KAUFMAN et al., 1949; MANDLER et al., 1982).

2.3.2. METHODISCHE ASPEKTE UND BEFUNDE DER VISUELLEN MENGENENERFASSUNG BEI ERWACHSENEN

Um einen genaueren Überblick über die methodische Vielfalt und die relevanten Befunde der Untersuchungen zu erhalten, werden wir unter Rücksicht der generellen Fragestellung weniger relevante Angaben nur zusammenfassend referieren, während wichtige methodische Varianten und deren Ergebnisse ausführlich berücksichtigt werden.

- Raum- und Lichtverhältnis

In den Studien findet sich zwar eine Fülle von Hinweisen zum Raum, den allgemeinen Lichtverhältnissen, der Darbietung durch natürliche Objekte, Karten, Projektionen oder zur Monitorbenutzung, aber diese Variationen sind keiner weiteren Analyse unterzogen worden, wenn man von den Lichtverhältnissen in Verbindung mit der Vermeidung von Nachbildern (after-images) einmal absieht (vgl. dazu GLANVILLE und DALLENBACH, 1929, 211: im Rahmen ihrer Vorversuche verwenden sie wahlweise ein helles und ein dunkles Feld nach der Darbietung; in der Hauptuntersuchung entschieden sie sich für ein helles Feld, da dieses Nachbilder besser vermeiden hilft).

- Versuchspersonen und Stichprobengröße (N)

In den meisten Untersuchungen nahmen Studenten als Versuchspersonen teil. Lediglich JEVONS (1871) unternahm einen Selbstversuch, und NANU (1904) gewann Kollegen zur Mitarbeit; teilweise war sie selbst Versuchsperson.

Andere Autoren machen keine spezifischen Angaben. Der Stichprobenumfang variiert zwischen $1 \leq N \leq 12$ Versuchspersonen in fast allen Untersuchungen, mit einer Ausnahme bei TAVES (1941): in Experiment V, in dem

er die Beziehung der subjektiven Skala der Mengenerfassung zum Schätzen und zur subjektiven Sicherheit der Mengenurteile (confidence) untersucht, sind 133 Versuchspersonen beteiligt. Die relativ geringe Anzahl der Versuchspersonen wurde allgemein durch eine höhere Anzahl von Versuchen pro Versuchsperson kompensiert, wie aus Tab. 1 zu entnehmen ist.

Tab. 1: Übersicht über die Anzahl der Versuche/Vp bei einigen Autoren

Autor/Jahr	Anzahl der Versuche pro Versuchsperson
SALTZMAN et al., 1948	10
KLAHR, 1973 a	16
JENSEN et al., 1950	20
TAVES, 1941, z.B. Exp. III	50
GILL et al., 1926	100
FERNBERGER, 1921	bis zu 150

Wieder andere Autoren haben die Versuchsanzahl frei variiert, wie z.B. JEVONS (1871), WARREN (1897) oder HUNTER und SIEGLER (1939). Mit Ausnahme der o.g. Autoren handelt es sich bei allen anderen um Einzelversuche unter Fremdanleitung.

- Versuchsanleitung

Die Versuchspersonen wurden in aller Regel dazu aufgefordert, mit entsprechender Aufmerksamkeit die vorgelegten Objektmengen anzahlmäßig zu bestimmen; teils wurde besonders auf die Genauigkeit und/oder die Schnelligkeit hingewiesen (power- und speed-Bedingung). Gesondert untersucht wurde dieser veränderte Modus von KAUFMAN et al. (1949) unter Bezug auf die durchschnittlich wiedergegebenen Mengen, die Genauigkeitsquote, die Reaktionszeiten und den mittleren Sicherheitsgrad in der Mengenantwort (op.cit., 1949, 506 ff.).

Zusammenfassend kann nach den Autoren festgestellt werden: die Grenzwertbestimmung bleibt von den beiden Vergleichsbedingungen unbeeinflusst; die Genauigkeitsanweisung verringert die Fehleranteile (Quote) und fördert trotz abnehmender Tendenz einen relativen Grad der Sicherheit; die Speedvariable begünstigt nachweislich eine geringere Quartilabweichung, ein kleineres Intercept der linearen Regression und eine kleinere Streuung der Reaktionszeit. Für den Mengenumfang $n = 1-6$ bestätigen KAUFMAN et al. (1949) die Befunde von SALTZMAN et al. (1948):

"Die Reaktionszeit nimmt anfangs langsam zu, ab ungefähr 6 Elementen nimmt sie schnell zu." (op.cit., 1949, 511)

Zudem stellen sie eine Diskontinuität im Graphen der linearen Regression für die Reaktionszeiten fest (op.cit., 1949, 513-515, Fig. 12-17); sie sehen darin die Annahmen von TAVES (1941) bestätigt: es müssen zwei Mechanismen der Mengenerfassung zugrundeliegen; in der Diskussion der Ergebnisse beziehen sie dann noch den Schätz-Prozeß (estimating) ein (op.cit., 1949, 519)

In den Studien finden sich zwei weitere Formen der Bearbeitung oder Bestimmungen von Objektmengen; sie sind abhängig von der allgemeinen Versuchsplanung und unterscheiden sich in folgenden Punkten:

- . die Identifikationsmethode: die Versuchspersonen benennen die vorgelegte Menge mit der entsprechenden natürlichen Zahl; es gibt keinen Anhaltspunkt, der eine Mengenzahl wahrscheinlicher sein läßt;
- . eine Erweiterung der Identifikationsmethode findet sich bei TAVES (1941): er bot den Versuchspersonen halbseitig auf einem Bildschirm eine Objektmenge an, und die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, mittels einer

Apparatur genau die Hälfte der vorhandenen Objektmenge auf der anderen Hälfte des Bildschirms einzublenden (vgl. op.cit., 1941, 11 u. 24);

- . die Rekognitionsmethode: zu Beginn der Versuchsreihe wird den Versuchspersonen die gesuchte Zielmenge gezeigt und benannt; in den folgenden Vorgaben haben sie die Aufgabe, nur die Punktmengen gleich der Zielmenge zu erkennen und entsprechend zu signalisieren (vgl. dazu SIMONS et al., 1982 a u. b: 'same-different-paradigm').

In keinem Fall wurde eine systematische Untersuchung dieser Bearbeitungsmodi vorgenommen, um deren Einfluß auf die visuelle Mengenerfassung nachzuweisen. Lediglich ein Vergleich der Befunde aus den verschiedenen Experimenten diverser Autoren ist möglich; dies scheint aber weniger angemessen zu sein, da weitaus mehr Unterschiede in anderen bedeutenden Variablen bestehen; ein allgemeiner Vergleich der Grenzwert- oder Bereichsbestimmungen der Erfassungsspanne wird weiter unten ohnehin vorgenommen.

- Stimulusumfang (n)

Innerhalb einer relativ kleinen Spanne von $1 \leq n \leq 20$ wurden die Versuche zumeist vorgenommen; anhand dieser Objektmengen wurden - sofern möglich - die Bearbeitungsformen der visuellen Mengenerfassung erforscht und definiert; in früheren Studien wählten die Autoren größere Umfänge, während in den neueren Arbeiten wesentlich kleinere zu beobachten sind, wie aus Tab. 2 zu entnehmen ist.

Tab. 2: Angaben über den Stimulusumfang (n) in verschiedenen Untersuchungen

Autoren/Jahr	Stimulusumfang (n)
PAULI, 1934	3 - 100
TAVES, 1941	2 - 180
ders. mit Variationen	2 - 40
	10 - 100
	20 - 100
KAUFMAN et al., 1949	1 - 210
JENSEN et al., 1950	1 - 30
KLAHR, 1983 a	1 - 5 u.
	1 - 10
CHI u. KLAHR, 1975	1 - 10
ATKINSON et al., 1976	1 - 10
MANDLER et al., 1982	1 - 20
dies.	1-3 u. 1-6
SIMONS et al., 1982	1 - 8 (2-6)

Die Zahlen in Klammern geben die Zielmengen von SIMONS et al. an.

- Versuchsmaterial

In der Regel werden in den bekannten Versuchen künstliche Objekte als Element verwendet, sofern es sich um die visuelle Mengenverarbeitung bei Erwachsenen handelt; die Gegenstände wurden in diesen Studien simultan vorgelegt, nur JEVONS (1871) verwendete natürliche Objekte (schwarze Bohnen auf weißem Grund).

Welche Objekte im einzelnen von den Autoren eingesetzt wurden, ist aus der folgenden Tabelle 3 zu ersehen.

Tab. 3: Übersicht der verwendeten Versuchsmaterialien bei Erwachsenen

STIMULUSMATERIAL	AUTOREN/JAHR	FORMEN/MUSTER
- Linien/Striche	MESSENGER, 1904 MCK. CATTELL (*) SALTZMAN et al. 1948 MACKWORTH et al. 1962 ATKINSON et al. 1982	
- geometrische Figuren	WARREN, 1897 SALTZMAN et al. 1948 GILL et al. 1926	Quadrate; konzentr. Ringe; Kreise, Halbkreise, Dreiecke, Kreuze, Diamantform, Rechteck, Pikform; kl. Rechtecke;
- einstellige Zahlen	SIMONS et al. 1982 SALTZMAN et al. 1948 MCK. CATTELL(*)	arab. Zahlen;
- Buchstaben	MCK. CATTELL(*) MANDLER et al. 1982	
- kurze Wörter	FILBIG, 1910 MCK. CATTELL(*)	(*) zit. nach FERNBERGER
- Punkte in unterschiedlichen Anordnungen und Zufallsmustern	WARREN, 1897 MESSENGER, 1904 NANU, 1904 FERNBERGER, 1921 SZELISKI, 1924 MOKRE, 1928 GILL et al. 1926 GLANVILLE et al. 1929 HUNTER u. SIGLER, 1939 TAVES, 1941 SALTZMAN et al. 1948 KAUFMAN et al. 1949 JENSEN et al. 1950 AVERBACH, 1963 KLAHR, 1973 a MANDLER et al. 1982 SIMONS et al. 1982 a/b	
- Punktmengen in bekannten Mustern (Würfel- u. Dominomuster)	SALTZMAN et al. 1948 MANDLER et al. 1982 Exp. IV SIMONS et al. 1982 a/b	
- Punktmengen in geometrischer Anordnung	WARREN, 1897 NANU, 1904 TAVES, 1941 SALTZMAN et al. 1948 ATKINSON et al. 1982 SIMONS et al. 1982 a/b	waagerechte Linie u. Kreisform; Diagonale, Kreise, Kreuze, Rechtecke, Sechsecke, konzentr. Ringe, konzentr. Quadrate u.M. Kreisformen; waagerechte Linien; Diagonalen; waagerechte Linie, Kreis, rechter Winkel, Ypsilon, Drei- u. Sechseck, Untergruppen etc.;

Die Übersicht über das Stimulusmaterial läßt auch das differenzierte Interesse der Autoren erkennen:

- sofern heterogene Stimuli eingesetzt wurden, interessierte man sich für den Einfluß der Stimulusqualität auf die Mengenerfassung;
- bei homogenen Objekten wurde die Menge/Umfang zufällig oder systematisch variiert, und der Einfluß auf die Verarbeitung beobachtet;
- oder es wurde bei homogenen Stimuli deren Anordnung/Konfiguration bei gleichzeitig wechselndem Umfang verändert (vgl. Zufallsmuster, bekannte und unbekannte Muster, geometrische Konfigurationen); dabei war von besonderem Interesse - neben den allgemeinen Aussagen - der Einfluß von Mustern auf die Mengenerfassung, um sie unter Bezug auf gestalttheoretische Aspekte auszuwerten (vgl. u.a. NANU, 1904; TAVES, 1941; Exp. VII; BECKWITH, et al., 1966; ATKINSON et al., 1976; MANDLER et al., 1981; und SIMONS und LANGHEINRICH, 1982 b).

In den neueren Arbeiten wurden vor allem Punkte als Elemente - meist schwarze auf hellem Grund - in variiertter Konfiguration verwendet:

- . als Zufallsmuster (sehr oft),
- . in bekannten Mustern (Würfel- oder Domino-muster),
- . oder unter Bezug auf verschiedene Anordnungs-kriterien als Linie, Kreis, rechter Winkel, Ypsilon, Sechseck, Dreieck und in Untergruppen;

zum Teil wurde noch Mustergröße und Dichte der Stimuli zueinander verändert; alles diente dazu festzustellen, ob diese Variationen einen nachweisbaren Einfluß auf die Mengenverarbeitung haben oder nicht.

Für visuell zu erfassende Objekte ist nur eine simultane Vorgabe sinnvoll, da sonst bei sukzessiver Darbietung das Zählen systematisch hervorgerufen würde. Nur bei akustischen Stimuli wurde die letztere Form gewählt, wobei besonders das Rhythmisieren vermieden wurde, um nicht zu Artefakten zu kommen (vgl. NANU, 1904, 7 ff).

Weiter ist darauf hinzuweisen: in den vorliegenden Studien zur visuellen Mengenerfassung wurden die Objekte immer ruhend angeboten; nur von einem Autor ist bislang bekannt, daß er mit ruhenden und bewegten Objekten geforscht hat.

BECKER (1957) untersuchte an Studenten ($N = 25; 3$ und 30) in drei Experimenten das Vergleichen und Schätzen von Mengen, deren Elemente sich bewegten.

Im Simultanvergleich (Exp. 1) von Mengen mit $6:7$ bis $13:14$ Elementen stellte sich heraus, daß bis zu $10:11$ Elementen die Trefferquote über der Zufallsquote (55%) liegt (op.cit., 26).

Der Trainingsversuch (Exp. 2) erbrachte, daß das Vergleichen von bewegten Mengen im Grenzbereich ($11:12$ Elemente) trainierbar ist (op.cit., 29).

Im 3. Experiment untersucht er das Bestimmen bewegter Mengen ($10 \leq n \leq 20$) bei randomisierter Folge durch Schätzen (Verarbeitungsform): bei 10 Elementen sind die Schätzungen zu 50% korrekt; die Quote geht bei 19 Elementen auf 10% zurück.

Kleinere Mengen ($n \leq 6$) sind von BECKER (1957) nicht untersucht worden.

In allen drei Experimenten ließ sich eine eindeutige Tendenz zur Unterschätzung (60% zu $25-35\%$ Überschätzung) feststellen (op.cit., 27, 29 u. 33).

Die Reihenfolge der Punktmengen wurde teils zufällig, teils systematisch variiert. In allen Fällen wurde darauf geachtet, durch Lageveränderung, veränderte Mustergestaltung u.ä. Lerneffekte - sofern nicht ausdrücklich erwünscht - auszuschließen.

Die Bedeutung der Objektqualität und deren Einfluß auf die Mengenerfassung bei Erwachsenen ist an hetero-

genen Stimuli nur sehr begrenzt untersucht worden, zumal sie auch nur sehr selten verwendet worden sind. In der Literatur finden sich darauf Hinweise bei ATKINSON et al. (1976) und MANDLER und SHEBO (1982).

Letztere verwendeten in ihrem ersten Versuch als Reizmaterial die Buchstaben 'x' und 'o', mal gemischt, mal gesondert voneinander; trotz entsprechender Hinweise auf das Vergleichsmoment im laufenden Text (op.cit., 1982, 6) wurde keine Analyse in der Studie dazu veröffentlicht.

Anders verhält es sich mit ATKINSON et al.: in Experiment III vergleichen sie den Unterschied im Reizmaterial und verwenden dazu Punkte und Linien; weder die varianzanalytische Auswertung der Reaktionszeiten (op.cit., 1976, 331 Fig. 4 u. 5) noch die Fehleranalyse (F % vgl. op.cit., 1976, 331 Fig. 5 u. 332) enthalten Hinweise auf einen bedeutsamen Einfluß dieser Variation auf die allgemeine Mengenverarbeitung.

- Die Bedeutung von Mustern und Konfigurationen für die Mengenerfassung

Wesentlich häufiger und ausführlicher wurde der Einfluß der Elementanordnung auf die visuelle Mengenerfassung bei Erwachsenen untersucht.

Im Vergleich standen mehrfach unterschiedliche Muster bei variiertem Mengenumfang; im allgemeinen handelte es sich um einen Vergleich von Zufallsmustern mit geometrischen Anordnungen der Stimuli.

WARREN (1897) befaßte sich schon mit dieser Frage und benutzte einen Mengenumfang von $1 \leq n \leq 12$; er setzte sogenannte irreguläre (= zufällige) und reguläre (= meistens Würfel- oder Dominomuster) Anordnungen ein und kam zu folgenden Ergebnissen:

- . bei größerem Mengenumfang erleichtern reguläre Punktfiguren die visuelle Erfassung, besonders, wenn sie kompakt sind;
- . gerade Linienanordnungen oder Vieleckformen (6 und mehr Ecken) erschweren die visuelle Verarbeitung erheblich;
- . besonders schwierig wird das Erfassen bei irregulären Mustern (op.cit., 1897, 587).

NANU (1904) bearbeitete die Frage erneut; ihre Erkenntnisse sind in der folgenden Tabelle 4 zusammengefaßt:

Tab. 4: Maximal erfaßter Mengenumfang in Abhängigkeit von der Konfiguration der Elemente nach NANU (1904, 44 u. 56)

Konfiguration	Mengenumfang $n_{\max}$
Parallelogramm	10
Kreuz	8
Sechseck	6 (8)
Kreis	6
schiefe Linie	5 (4-6)

() bei einer Genauigkeit von 75 %

Deutlich wird, daß durch unterschiedliche Anordnungen die Verarbeitung erleichtert oder erschwert werden kann.

1982 wurde gleich mehrfach in dieser Richtung geforscht, allerdings unter Verwendung einer verfeinerten Meßmethodik und differenzierteren Auswertungsförmen.

Bei einem Mengenumfang von $1 \leq n \leq 10$ benutzten MANDLER und SHEBO (1982, 15-17) sogenannte 'canonicals' und 'random patterns'; sie entsprechen den bekannten Würfel- und Dominomustern und den Zufallsan-

ordnungen. Sie finden folgende Ergebnisse, wie sie in Tabelle 5 zusammengefaßt sind.

Tab. 5: Einfluß von Musteranordnungen auf die Mengenerfassung nach MANDLER et al., 1982, 17 Fig. 10 und 18 Fig. 11

Muster	Genauigkeitsquote	
	100 %	50 %
	$n_{\max}$	$n_{\max}$
bekannt	1-2	1-6
unbekannt	1-2	1-5
bekannt Steigung unbekannt (slope)	gleich für beide Bdgn.	niedrig starker

Unter Berufung auf die Ergebnisse und Aussagen anderer Autoren (GELMAN et al., 1978, CHI und KLAHR, 1975; GELMAN und TUCKER, 1975) stellen wir fest: die visuelle Mengenerfassung basiert auf einem Mechanismus, der von Erwachsenen bereits erworben wurde, von Kindern jedoch noch nicht (op.cit., 1982, 17). Besonders die letztere Aussage wird uns im Zusammenhang mit unseren Ergebnissen noch ausführlicher beschäftigen.

In jüngster Zeit befaßten sich SIMONS und LANGHEINRICH (1982, 223-226) ausführlicher mit der Bedeutung der "figuralen Güte" von Punktmustern in der visuellen Mengenverarbeitung. Sie untersuchten folgende Aspekte:

- die Bedeutung der figuralen Güte für die Reaktionszeit;
- die Teil- und Untergruppenbildung für die Mengenerfassung;
- die unmittelbare Wahrnehmung von Punktmustern (op.cit., 1982, 219).

Für den Mengenumfang von $1 \leq n \leq 8$ arbeiteten sie, orientiert an folgenden Kriterien, Musterformen aus:

- . offene und geschlossene Konfigurationen,
- . waagerechte und senkrechte (Lage) und
- . enge und weite (Fläche).

Sie kommen zu folgenden Ergebnissen:

- . mit zunehmender Punktmenge nimmt die Reaktionszeit und deren Varianz immer stärker zu, besonders ab $n = 5$; vermutlich, weil erst ab diesem Mengenumfang eine größere Variationsbreite in der Mustergestaltung nach Form, Lage und Fläche/Größe gegeben ist;
- . zwischen den Punktmengen kommt es - bedingt durch die Konfigurationen - zu Überschneidungen der Reaktionszeiten und den Varianzen, d.h., es gibt konfiguratativ gesehen z.B. eine "leichte 5" aber auch eine "schwere 4";
- . generell gibt es eine einschränkende Tendenz, daß geschlossene Muster schneller erfaßt werden als offene oder untergruppierte; eingeschränkt durch die 'figurale Güte', d.h., es gibt prägnante Figuren, die nicht leicht zu gliedern sind;
- . das Aufschlüsseln bzw. 'Auspacken' ('unpacking', bgl. KLAHR und WALLACE, 1976, 44-45, u.a. auch TAVES, 1941, 37 Exp. VI, 45) wird durch folgende Aspekte eher behindert:

1. vielfältige Gliederbarkeit,
2. Aufdrängen einer ganzheitlichen Struktur, kein unmittelbares Aufdrängen von Unterstrukturen, und
3. einzelne Elemente haben doppelte Funktionen, d.h., ein und derselbe Punkt kann zu mehreren Teilstrukturen zugerechnet werden."

(SIMONS et al., 1982, 230; vgl. dazu auch die Hinweise von MOKRE, 1928, 215: er vertritt die

Auffassung, daß die Verarbeitung von Element- und Komplexeigenschaften gegenseitig erschwert wird;)

- . Unter Bezug auf KLAHR und WALLACE (1976) sehen sie folgende konzeptionellen Überlegungen auf der Basis ihrer Ergebnisse bestätigt:

1. die Sofortfassung ist auf Objektmengen mit maximal 3-4 Elementen begrenzt;
2. bei Mengen mit $n \geq 5$ steigen die Reaktionszeiten (verbunden mit größerer Varianz) und die Fehlerrate deutlich an (vgl. dazu auch die Diskontinuitäten in der Regressionsanalyse);
3. größere Mengen werden wahrscheinlich auf zweierlei Art verarbeitet und erfaßt; durch reines Abzählen ('counting by enumeration') und durch Untergruppenbildung und deren Addition ('counting by subitizing and adding').

Besonders die letzte Differenzierung hat eine lange Tradition: sie wurde schon in der jungen Forschung mittels Introspektion der Versuchspersonen erhoben (vgl. dazu die Angaben von NANU, 1904, 27 ff.; FREEMAN, 1910, 114-136; GILL und DALLENBACH, 1929, 256; PAULI, 1934, 30; ATKINSON et al., 1976).

Ausführlich und differenziert nutzten GLANVILLE und DALLENBACH (1929) die Introspektion in ihren Experimenten. Unter Bezug auf die Mengenerfassung stellen sie in Exp. II bis IV (op.cit., 1929, 218-229) folgende Bearbeitungsweisen bei simultan vorgelegten Objektmengen fest: "es finden sich 2 Typen der Erfassung:

- . ein 'unmittelbarer Typ', welcher in zwei Untertypen zu gliedern ist:
 1. einer mit 'Einheit-' oder 'Feld'-Erfassung und
 2. einer mit 'Gruppen'-Erfassung;
- . ein 'mittelbarer Typ', welcher von Erinnerungsbildern, Zählen und Summieren abhängig ist" (op.cit., 1929, 220-221; Übers. d. Autors)

Der Fortschritt der neueren Forschung liegt letztlich darin, daß die bisher per Introspektion gewonnenen Erkenntnisse im Laufe der Zeit auch durch experimentelle Messung und statistische Analyse bestätigt werden konnten.

- Darbietungszeit der Objekte (Exposure Time)

Anfangs wurden die Objekte oder Mengen unbegrenzt den Versuchspersonen vorgelegt.

Eine Variante der unbegrenzten Darbietung bildet folgende Form: die Punktmengen bleiben für die Versuchspersonen so lange sichtbar, bis sie numerisch bestimmt worden sind (latency procedure, vgl. KLAHR, 1973; CHI und KLAHR, 1975; SVENSON und SJÖBERG, 1978 u.a.). Im Vordergrund der Auswertung steht die funktionale Beziehung zwischen richtig erfaßten Punktmengen und der dazu verwendeten Zeit (sie entspricht der Reaktionszeit von Vorgabebeginn bis zur Antwort der Versuchspersonen). Ausnahmen von diesem Vorgehen machten JEVONS (1871), NANU (1904), FERNBERGER (1921) und TAVES (1941).

Die zeitlich begrenzte Vorgabe wurde meistens mit einem Tachistoskop, später auch per Monitor und kombinierter Zeitschaltuhr vorgenommen: die Objekte werden dem Beobachter nur einen kurzen Moment gezeigt, danach hat er die gezeigte Menge so genau wie möglich zu bestimmen (threshold procedure, vgl. AVERBACH, 1963). Der primäre Aspekt der Analyse richtet sich auf den Einfluß der Darbietungsdauer auf die Anzahl richtiger Lösungen (Quote) verschiedener Objektmengen (vgl. dazu PAULI, 1934; HUNTER et al., 1939: Variation von 4 msec. - 4 sec.; AVERBACH, 1963: von 40 - 600 msec.; MANDLER et al., 1982: von 50 - 800 msec.).

Andere Forscher arbeiteten entweder mit festen Darbietungszeiten von 60 - 200 msec. (SALTZMAN et.al., 1948 sogar mit 500 msec.) oder mit der Analyse der Leistungen bei zwei 'Extrem'-Zeiten (FERNBERGER, 1921: 60 vs. 100 msec.).

Mitunter wurden beide Formen kombiniert: die Objekte wurden begrenzt vorgelegt, aber mit Beginn der Vorgabe wurde die Bearbeitungszeit gemessen; die begrenzte Darbietungsdauer wurde dann nicht mehr verändert (vgl. WARREN, 1897; KAUFMAN et al., 1949; JENSEN et al., 1950; ATKINSON et al., 1976 und MANDLER et al., 1982). Damit wurden weitere Absichten seitens der Forscher verknüpft:

- . Bestimmung der Minestdarbietungszeit, um die Objekte überhaupt erfassen und verarbeiten zu können;
- . Verhinderung von Augenbewegungen, die eine sukzessive Fixierung der Einzelobjekte und damit das Zählen ermöglichte;
- . Ausschluß von lang anhaltenden Nachbildern, um nachträgliche mentale Prozesse wie das Zählen aus der Erinnerung zu vermeiden.

PAULI (1934) fand heraus, daß erst die Veränderung der Vorgabezeit von 13 auf 100 msec. einen entscheidenden Einfluß auf die Verarbeitung ausübt. Drei weitere Autoren(-gruppen) haben sich ebenfalls um Klärung in dieser Frage bemüht. Um die Übersicht zu erleichtern, fügen wir die Befunde in tabellarischer Form ein (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Befunde über den Einfluß variabler Darbietungszeiten auf die vis. Mengenerfassung

AUTOR/JAHR	D.-ZEIT (msec.)	GENAUIGKEITSQUOTE	
		50%	100%
		n _{max}	n _{max}
HUNTER et al.	75	8	-
1939, 36	150	9	-
	300	10	-
	600	11-12	-
	2000-4000	16	-

AVERBACH,	40	1	-
1963, 62-63	100	7	-
	150	8	3-4
	200	8	-
	600	10	5-6

MANDLER et al.	50	-	-
1982, 7-10	100	-	-
	200	6	2
	400	6	3
	800	7	3

Abkürzung: D.-ZEIT = Darbietungszeit

Beim Vergleich der Ergebnisse werden besonders Unterschiede zwischen den beiden ersten Autoren und MANDLER et al. (1982) deutlich: bei einer Genauigkeit von 50 % und einer Darbietungszeit von 150 msec. finden die ersten beiden maximal erfaßte Punktmengen von 8 - 9 Elementen, während MANDLER et al. bei der nächstlängeren Vorgabedauer (200 msec.) nur maximal 6 Elemente erhalten.

HUNTER et al. (1939) und AVERBACH (1963) entscheiden sich für eine Mindestdarbietungsdauer von 150 msec., MANDLER et al. für eine Mindestdauer von 200 msec.; sie halten diese für angemessen, da diese Zeit stabile Daten verspricht, und zudem sind die eigenen Befunde noch gut mit denen anderer Experimente (vgl. KAUFMAN et al., 1949) vergleichbar (op.cit., 1982, 9).

Deutlich wird, daß die Autoren in den Reaktionszeitversuchen - kombiniert mit begrenzter Darbietung - die Wahrnehmung mit Mindestzeiten sicherstellen,

andererseits durch die möglichst kurze Dauer das Zählen verhindern wollen. Dementsprechend handelt es sich hierbei im doppelten Sinne um 'kritische' Darbietungszeiten; sie liegen bei 150 - 200 msec.

2.3.3. SPEZIELLE VERSUCHSBEDINGUNGEN

- Variation der Objektbedingungen

Im Bereich der Objektbedingungen finden wir eine Fülle von Variationen.

An dieser Stelle wollen wir noch drei wichtige eingehen: die Objektdistanz, - klarheit und den Blickwinkel.

- Einfluß der Objektdistanz auf die Mengenerfassung

In den Studien wurde die Objektdistanz konstant gehalten (im Bereich von = 0,70 - 3,00 m); lediglich SZELISKI (1924) wählte verschiedene Distanzen. Abgesehen von seinem speziellen Interesse - die reine Erfassungszeit durch Subtraktion der Benennungszeit von der Rufzeit zu berechnen - ergeben sich Hinweise, daß auf die kleinere Distanz (72 cm) sowohl die Benennungszeit und die Rufzeit tendenziell geringer ist als bei größerem Abstand (144 cm) (op.cit., 1924, 142-142 Tab. II und III). Insofern kann unter Vorbehalt angenommen werden, daß die Objektdistanz dieser Größenordnung einen relativ geringen Einfluß auf die Verarbeitungszeit (= RZ) hat.

- Veränderung der Objektklarheit (Lichtintensität der Elemente)

In den Berichten finden sich viele Hinweise ohne nähere objektive Angaben auf Tageslicht, Dämmerlicht oder eine allgemeine Angabe auf die Helligkeits- oder Kontrasteinstellung des Bildschirmes; diese Veränderun-

gen sollten Nachbildeffekte verringern oder sogar ausschließen.

Genauer wurde dieses Element von FERNBERGER (1921, Vergleich von 'weiß - grau') und von HUNTER und SIEGLER (1939) untersucht.

FERNBERGER (1921) bot seinen Versuchspersonen schwarze Punktserien auf einem weißen und grauen Hintergrund für die Dauer von 100 msec. an (op.cit., 1921, 124). Die Quote der richtigen Mengurteile nutzt er zur Analyse und Grenzwertbestimmung. Entgegen seinen Erwartungen findet er keinen bedeutsamen Einfluß bedingt durch die diversen Hintergründe (op.cit., 1921, 129).

Unter Hinweis auf die Befunde von HUNTER et al. geben wir allerdings zu bedenken, daß die Variation der Hintergründe viel zu gering war, um zu signifikanten Ergebnissen zu kommen.

Eine Abstufung der Lichtintensität (18 Stufen von 13,33 - 0,013 lm) haben HUNTER et al. (1939, 166 Tab. I und 177) vorgenommen, um so die Objektmengen mit unterschiedlicher Klarheit oder Deutlichkeit zur Bearbeitung vorzulegen. Diesen Modus kombinierten sie noch mit unterschiedlichen Darbietungszeiten (11 Stufen von 4 msec. - 4 sec.); ihr Interesse richtete sich auf die funktionale Beziehung zwischen der Erfassungsspanne einerseits und der Darbietungsdauer und der Stimulusintensität andererseits (op.cit., 1939 169).

Sie fanden folgende Ergebnisse: generell besteht zwischen der Darbietungszeit und der Lichtintensität der Objekte in Bezug zur Erfassungsspanne ein umgekehrt-proportionales Verhältnis (op.cit., 1939, 172).

Bei konstanter Zeit und zunehmender Lichtintensität läßt sich zunächst ein langsamer und dann ein schneller Zuwachs in der Erfassungsspanne beobachten, bis

schließlich ein Maximum für diese konstante Zeitvorgabe erreicht ist.

Bei längerer Darbietungszeit (150-225 msec.) hat die Vorgabezeit einen immer geringeren Einfluß als die Lichtintensität auf die Erfassung von Punktmengen bis zu 7 Elementen (op.cit., 1939, 177-178).

Wir fassen zusammen: grundsätzlich ist die Darbietungszeit der wichtigere Faktor vor der Stimulusintensität, aber nur so weit, bis die längeren Vorgabezeiten erreicht sind; danach kehrt sich das Verhältnis um und die Lichtintensität gewinnt einen größeren Einfluß für die Mengenverarbeitung.

- Einfluß des Blickwinkels auf die Mengenverarbeitung

Im allgemeinen wurde eine geringe Schwankung des Blickwinkels beschrieben, ohne dessen Einfluß näher zu untersuchen. Zudem ist er von der Größe der Objekte, deren Anordnung und der Beobachtungsdistanz abhängig.

Genauer wurde diese Variable von KLAHR (1973 a) und ATKINSON et al. (1976, Exp. III) erforscht.

KLAHR (1973 a, 19-20) hat diesen Aspekt in seinem III. Experiment untersucht: er ließ seine Versuchspersonen Zufallsmuster ($1 \leq n \leq 20$) - gestaltet nach einer 'inner'- und 'outer'-condition - auf einem Bildschirm betrachten; so variierte er den Blickwinkel der Objektmengen von $1,5^\circ$ - $3,5^\circ$ (Innen-Bedingung) bis zu $2,2^\circ$ - $8,5^\circ$ (Außen-Bedingung).

Mit einer Blickbewegungskamera erfaßte er die Augenbewegung während der Bearbeitung und stellte fest, daß bei der Innenbedingung ca. 10 % Augenbewegungen auftraten, während sich diese Quote unter der Außenbedingung auf ca. 45 % steigerte.

KLAHR folgert weiter: die Verarbeitung ohne Augenbewegung ist ein Erfassungsakt mit einer einzigen Fixie-

rung (= subitizing), während es sich bei denen mit Augenbewegungen um solche mit mehr als einer Fixierung handelt (= counting) (op.cit., 1975 a, 20). Mit dieser Prämisse analysiert er seine Daten und kommt zu folgenden Befunden in Tab. 7.

Tab. 7: Auszug der Ergebnisse nach KLAHR für die Innen- und Außenbedingung der Objekte

Vpn	Stimulus umfang	Bedingung	Analyse umfang	Intercept	Slope
1	1-5	innen	1-4	324	25
1	1-5	außen	1-4	308	60

Aus der Tabelle (7) ist der Einfluß des Blickwinkels auf die Mengenverarbeitung (RZ) deutlich zu entnehmen; besonders deutlich wird er in der Differenz für den mittleren Anstieg der Reaktionszeit pro Element (Slope). Unter Einbeziehung der Befunde aus dem I. Experiment liegen die Werte für den Slope immer noch innerhalb der dort berechneten Werte (Slope: 58, 66, 72 und 110 msec.) des Sofort erfassungsbereiches ($1 \leq n \leq 4$ bzw. 5).

Unter etwas anderen Voraussetzungen haben auch ATKINSON et al. (1976) die Frage näher betrachtet: sie variierten den Blickwinkel, in dem sie die Objektdistanz veränderten; dadurch erhielten sie für die Objektmengen Blickwinkel von $2 - 22^\circ$. Die Befunde sind in der folgenden Tabelle 8 zusammengestellt.

Tab. 8: Einfluß des Blickwinkels auf die Reaktionszeiten nach ATKINSON et al.

BLICKWINKEL (°)	ZUNAHME DER RZ/ELEMENT	
	gering	stark
	n	n
2 und 5°	1-4	5
8, 11 und 22°	1-2	3
BLICKWINKEL (°)	GENAUIGKEITSQUOTE VON	
	100%	50%
	n	n
2 - 5°	1-7	1-7
2 - 8°	1-4	1-5
11 und 22°	1-2	1-4
11°	1-2	1-5
22°	1-2	1-4

vgl. dazu die Angaben von ATKINSON et al., 1976, 330 Fig. 2 und 3 und 331 Fig. 5

Aus den Tabellen ist zu ersehen, daß der Blickwinkel einen deutlichen Einfluß auf die visuelle Mengenerfassung hat. Im wesentlichen decken sich die Befunde mit den Aussagen von KLAHR (1973 a): ein kleiner Blickwinkel erleichtert die Verarbeitung erheblich im Vergleich zu einem größeren; ebenso ist der korrekt erfaßte Mengenumfang (Spanne) bei großem Blickwinkel deutlich geringer als bei einem kleinen.

2.3.4. ALLGEMEINE GRENZWERTBESTIMMUNG

2.3.4.1. MESSMETHODISCHE UND AUSWERTUNGSASPEKTE

In dem einen Jahrhundert Forschung auf dem Gebiet der Mengenerfassung hat sich die Meßmethodik fortentwickelt und weitere Auswertungsmodi ermöglicht, als es zu Beginn bei JEVONS (1871) der Fall war. Die Fortschreibung erfolgte im wesentlichen in folgenden Stufen:

- Genauigkeitskriterium - 100 % richtige Lösungen

Begonnen hatte JEVONS (1871) mit seinem Selbstversuch und legte als Auswertungskriterium fest: die Kraft der numerischen Unterscheidung reicht so weit, wie die vorgelegten Mengen fehlerlos erfaßt werden. Abschließend stellt er fest:

"der Geist/das Bewußtsein kann mit dem Auge ohne Abzählen nicht jede beliebige Anzahl von Objekten richtig schätzen; bis zur Menge $n = 3$ oder 4 gelingt es mit einem sofortigen und offensichtlich einzigen Akt der geistigen Aufmerksamkeit die Objekte zusammenzufassen und zu zählen." (op.cit., 1871, 281 b)

Die Grenze der Soforterfassung liegt nach JEVONS zwischen $n = 4-5$, denn 5 Elemente erfaßte er nicht mehr vollständig richtig (107 Versuche; davon 102 richtig und 5 falsch) (vgl. JEVONS, 1871, Tabelle auf 281 b).

Im weiteren bezog NANU (1904) neben dem o.g. Genauigkeitskriterium (100 %) die Introspektion der Versuchspersonen ein, die ihr weiteren Aufschluß über die Verarbeitung unterschiedlich großer Reizmengen gab. Ebenso wie JEVONS schlüsselte sie die Über- und Unterschätzung bei bestimmten Mengenvorgaben auf und machte dazu einige Aussagen, die in der Fehleranalyse näher besprochen werden.

- Genauigkeitskriterium - 50 % richtige Lösungen

Die "Aufmerksamkeitsspanne" ist nach dem Kriterium von JEVONS (100 % r.L.) sehr klein und gering; FERNBERGER (1921) suchte eine neue Basis der Auswertung und machte unter Berufung auf WILLIAMS (1891) Anleihen in der Psychophysik: das Trenn- und Auswertungskriterium liegt bei 50 % positiver Reaktionen der Gesamtversuche (FERNBERGER, 1921, 122-123). Dieses Konventionskriterium will er auf die Untersu-

chungen der "Erfassungsspanne" übertragen und wendet es auf die Ergebnisse von JEVONS an: danach liegt der Grenzwert simultaner Erfassung bei 10,28 Objekten. Das ist eine rein statistische Grenzwertbestimmung, die beobachtete Ergebnisse zum Zwecke des wissenschaftlichen Vergleichs zusammenfaßt.

Seine eigene Untersuchung beschließt er mit der Grenzbereichsangabe für die simultane Erfassung visueller Mengen von 6 bis über 11 Reizobjekten (FERNBERGER, 1921, 133).

- Genauigkeit und Reaktionszeiten

Unter methodenkritischen Gesichtspunkten befaßten sich vor allem WARREN (1897), SALTZMAN et al. (1948) und KAUFMAN et al. (1949) mit unterschiedlichen Meßverfahren: zur Wahl standen die Auswertung über die absoluten Werte (r/f), die Genauigkeitsquoten (100 % und 50 %) verbunden mit der Introspektion und die Relation zwischen den zu verarbeitenden Elementen und der dazu benötigten Verarbeitungszeit (Reaktionszeit-Methode).

Schon relativ früh setzten sich Autoren mit den Vor- und Nachteilen der Darbietungs- und Meßmethodik auseinander; besonderes Interesse galt dem Vergleich zwischen der Tachistoskop- und der Reaktionszeit-Methode.

Während WARREN (1897) beide kombiniert benutzte, verglich SALTZMAN et al. (1948) die Modi auf empirischer Basis. Beide Autoren sehen wesentliche Vorteile in der Reaktionszeit-Methode, die sich in etwa so zusammenfassen lassen:

- . die Versuchsperson handelt auf die angebotene Menge; mittels der Reaktionszeit ist eine Analyse zwischen den wechselnden Mengengrößen genauer möglich;

- . die Vermeidung von Nachbildeffekten ist besser möglich; sowohl eine längere Darbietungszeit (WARREN, 1897) wie auch eine unbegrenzte Vorgabe der Stimuli ist bis zur Antwort möglich (SALTZMAN et al., 1948, 238);
- . ein begünstigender Effekt - bedingt durch die Kenntnis des absoluten Stimulusumfanges - kann ausgeschlossen werden;
- . die Ergebnisse sind mit der Reaktionszeit ökonomischer, schneller und reliabler zu erheben und besser zu analysieren.

Einen Nachteil sehen SALTZMAN und GARNER: tachistoskopisch wären auch Gruppenversuche durchführbar, während beim Vorgehen mit den Reaktionszeiten nur Einzelversuche angemessen sind. Dieser Nachteil wird allerdings durch die qualitativen Vorzüge mehr als ausgeglichen.

- Genauigkeit, Reaktionszeiten, persönliche Sicherheit im Mengenurteil und Introspektion

KAUFMAN et al. (1949) befaßten sich ausführlich und kritisch mit den Vorschlägen und Überlegungen zur Reaktionszeit-Methode und schlossen sich der Meinung von SALTZMAN (1948) an; allerdings nehmen sie eine differenzierte Haltung in der Analyse und Interpretation der Ergebnisse ein, die in der Folgezeit vielfach bestätigt wurde. Der Aussage von SALTZMAN et al. (1948, 241) "span-size changes are an artifact of the method of measurement" können sie nicht folgen.

Sie erweitern die Datenerfassung und -analyse, in dem sie in Relation zur jeweiligen Punktmenge folgende Daten erheben:

- . Genauigkeitsquote,
- . Reaktionszeit,
- . persönlicher Sicherheitsgrad in der Mengenantwort (confidence = scale 1 - 5),
- . Introspektion.

Die persönliche Sicherheit (confidence) ihrer Mengenurteile sollten die Versuchspersonen auf einer 5-Punkte-Skala einschätzen (vgl. dazu auch KAUFMAN et al., 1949, 504 und 517-519; TAVES, 1941, Exp. V; MANDLER und SHEBO, 1982, Exp. II).

Diesem Aspekt ging eine allgemeine Befragung der Versuchspersonen voraus, wie sie die Erfassung der Objektmengen gehandhabt haben (Introspektion, kein lautes Denken); die Angaben wurden ebenfalls in Beziehung zu den anderen Daten analysiert (vgl. dazu auch das Vorgehen von NANU, 1904, 27 ff.; FERNBERGER, 1921, 131-133; SZELISKI, 1924, 141; MOKRE, 1928, 205; GILL und DALLENBACH, 1926, 253; GLANVILLE et al., 1929, 219-227; TAVES, 1941, in einigen Experimenten).

Eine weitergehende und differenziertere Datenerhebung bezüglich der Versuchspersonen und ihrer Reaktionen ist bisher nicht entwickelt worden; das Meßniveau der Reaktionszeit wurde jeweils aus praktischen Gründen gewählt (meistens 'msec.; seltener 'csec.').

2.3.4.2. FEHLERANALYSE UNTER DEM ASPEKT DER ÜBER- UND UNTERSCHÄTZUNG

Vielfach enthalten die Forschungsberichte Hinweise auf die Fehlerhäufigkeit und -rate pro Punktmenge. Über die allgemeine Fehlerquote hinaus wird interessant, ob die vorgelegten Punktmengen eher über- oder unterschätzt werden, und falls dies der Fall ist, bei welchen Mengen das zutrifft. Vielleicht lassen sich in Abhängigkeit zum Mengenumfang allgemeine Schlüsse ziehen.

In unserer Tabelle 9 sind die näheren Angaben aus der Literatur dazu zusammengefaßt.

Tab. 9: Befunde der Fehleranalyse unter dem Aspekt der Über- und Unterschätzung der Realmengen bei Erwachsenen

AUTOREN/JAHR	STIMULUS- UMFANG	KORREKTE LÖSUNGEN	UNTER- SCHÄTZUNG	ÜBER- SCHÄTZUNG
JEVONS, 1871, 281	2-15	1-4	8	5-7
WARREN, 1897, 584-585	1-8	1-3	6	4-5
NANU, 1904, 55-56	1-40	1-4 (5)	synthet. Typ	analyt. Typ
MOKRE*, 1928, 213-215	10-20	./.	$\geq n_x$	./.
TAVES, 1941, 23	2-180	1-7	großes n	./.
KAUFMAN et al. 1949, 508	1-210			
- Genauigkeit	"	1-4	16	5-15
- Schnelligkeit	"	1-4	21	5-20
GLANVILLE et al. 1929, 221	3-15	1-3 (4)	mehr	weniger
JENSEN et al. 1950, 373	1-30	1-10 (1-5/4)	ab n=11 Wechsel von Über- u. Unterschätzg.	
MANDLER et al. 1982, 8-9	1-15 (20)	1-7	8	./.
- nach Darbietungszeit 100 msec.	"	1-4	5	./.
50 msec. ungeübt	"	1-7	8	./.
50 msec. geübt	"	1-5	6	./.

* unter Berufung auf HÖFLER, 1897, 237

Deutlich wird, daß im Bereich von $n = 1-4$ (5) keine oder kaum Fehler auftreten; einige Autoren weichen davon wie oben schon beschrieben um 3 und mehr Punkte ab; die Aussagen zur Über- und Unterschätzung in der Simultanerfassung ergeben kein einheitliches Bild; allerdings lassen sich unter Vorbehalt einige Aussagen machen:

- Überschätzungen treten häufiger und eher bei kleineren Mengen auf ($n = 5; 7$);

- . Unterschätzungen sind mehr bei größerem Mengenumfang zu beobachten ($n = 5; 6; 8$ aber auch erst ab $n = 16$ und mehr);
- . NANU (1904) glaubt die Unterschätzung einem synthetischen und Überschätzung einem analytischen Typ zuordnen zu können;
- . nach den Ausführungen von JENSEN (1950) beginnt ab $n = 11$ ein Wechsel von Über- und Unterschätzung ohne eindeutige Tendenz

Wir wollen sehen, zu welchen Ergebnissen die Erforschung der visuellen Erfassung bei Kleinkindern gelangt ist, und zu welchen Befunden wir in unserer Untersuchung gekommen sind. Diesen thematischen Schwerpunkt wollen wir nach der Literatur über Erwachsene näher behandeln.

2.3.4.3. ERGEBNISSE DER ALLGEMEINEN GRENZWERTBESTIMMUNG

Vorab wollen wir uns auf die allgemeinen Ergebnisse der Grenzwertbestimmung ($n_{\max}$) ohne Rücksicht auf das Objektmaterial und dessen Musteranordnungen konzentrieren. Die Befunde sind aus den Tabellen 10 und 11 zu entnehmen.

Zwei Auswertungsmodi finden wir in der bisherigen Literatur vor:

- . maximaler Umfang bei einer Genauigkeitsquote von 50 und 100 % (vgl. Tabelle 10);
- . maximaler Umfang in Relation zur Reaktionszeitanalyse (dem entspricht Tabelle 11).

Tab. 10: Ergebnisse der Mengenerfassung mittels Genauigkeitskriterium

AUTOREN/JAHR	STIMULUS- UMFANG	GENAUIGKEIT bei n=			MATERIAL
		50%	100%	k.A.	
MCK. CATTEL, 1886 (*)				1-4 (5)	Linien
				3-6	Figuren
				2-5	Buchstaben
				1-4	Worte
					Bohnen
JEVONS, 1871	3-15	(10,28)	1-4 (5)		
WUNDT, (*)				1-4 (6)	
WARREN, 1897	1-8		1-3 (4)		Punkte
LAY, 1898 (vgl. NANU)				1-3	Linien
MESSENGER, 1903					
NANU, 1904	1-20	1-6	1-5		Punkte
			-6		Kreise
			-6 (8)		Sechsecke
			-8		Kreuze
			-10		Quadrate
BOURDON, 1908 (*)	1-7		1-4 (7)		
FILBIG, 1910	1-12	1-6		1-4 (5)	
FERNBERGER, 1921	4-12	1-6 (11)			Punkte
SZELISKI, 1924	1-10		1-6		Punkte
GILL et al. 1926	3-15			1-17 (42)	Punkte
GLANVILLE et al. 1928	3-15	1-8	1-3 (5)		Punkte
	4-9	4-6			Buchstaben
PAULI, 1934	3-100	1-6			Punkte
HUNTER et al. 1939	1-16			1-7	Punkte
				1-2	4-75 msec.
				3-7	4-300 msec.
TAVES, 1941	2,4,6-180		1-7		Punkte
SALTZMAN et al. 1948	1-10		1-4 (7)		
			1-10		Umfang bek.
			1-7		dto. unbek.
KAUFMAN et al. 1949	1-210	1-5 (4)			Punkte
- Genauigkeit		1-5			dto.
- Schnelligkeit		1-4			dto.
- Reaktionszeitanalyse		1-5			dto.
JENSEN et al. 1950	1-30		1-10		Punkte
- Soforterrfassung			1-5 (6)		
- Zählen			7-30		
MACHWORTH et al. 1962					
AVERBACH, 1963	1-13	1-9			Punkte
- variierte Darbietung					
ATKINSON et al. 1976	1-14	1-8	1-4		Punkte/ Linien

(*) zitiert nach SZELISKI, 1924

k.A. = keine nähere Angabe lag vor;

Aus Tabelle 10 können wir entnehmen:

- . bei einer Genauigkeit von 50 % wird eine Spanne von n = 1-5 (6) Punkten für die simultane Mengenerfassung nachgewiesen; extrem hohe Werte

finden sich bei FERNBERGER (1921) bis zu 11 Punkten; ABERBACH (1963) bis zu 9 Punkten und ATKINSON et al. (1976) bis zu 8 Punkten;

- . bei einer Quote von 100 % wird ein fast gleichgroßer oder etwas geringerer Umfang für die Soforterfassung festgestellt: $n = 1-4$ (5) Objekte; Abweichungen davon stellen folgende Autoren fest: WARREN (1897) nur bis zu 3 Punkten; TAVES (1941) allerdings bis zu 7, SALTZMAN et al. (1948) bis zu 10 Elementen. Noch stärker weichen die Beobachtungen von GILL und DALLENBACH (1926) ab: ohne Hinweis auf ihre Auswertungskriterien glauben sie einen Umfang von $n = 1-17$ (42) nachweisen zu können;
- . bei HUNTER und SIEGLER (1939) ist der Erfassungsbereich abhängig von der Darbietungszeit der Objekte: werden sie 4-75 msec. dargeboten, dann beträgt der Umfang $n = 1-2$ und bei 4 - 300 msec. beläuft sich dieser auf $n = 3-7$; letztlich beläuft sich der Gesamtumfang für die Soforterfassung auf $n = 1-7$.

Tab. 11: Ergebnisse der Reaktionszeitanalyse (lineare Regression) für die Mengenerfassung

AUTOREN/JAHR	STIMULUS- UMFANG	ANALYSE- UMFANG	INTERCEPT (msec.)	SLOPE (msec./Pkt.)
SALTZMAN et al. 1948	1-10	4-6	-190	270
KAUFMAN et al. 1949	1-210			
JENSEN et al. 1950	1-30	4-15	-289	290
KLAHR, 1973 (12 Vpn)	1-5	1-5	436	58
		1-4	421	66
		1-10	451	72
		1-5	375	110
		6-10	-114	268
		1-10	247	247
- Innen- und Außenbe- dingung (1 Vp)	1-5	1-4	324	25 (1.)
		1-4	308	60 (a.)
CHI u. KLAHR, 1975	1-10	1-3	495	46
		4-7	-442	307
MANDLER et al. 1982	1-20	4-20	-348	382
- Exp. 1		4-6	-282	296
- Exp. 1 (100% r.L.)		4-6	-550	347
SIMONS et al. 1982 a	2-6	2-4	290	31
		4-6	32	97

Alle Autoren verwendeten Zufallsmuster aus Punkten oder Buchstaben, bis auf SIMONS et al. (1982 a); sie benutzten verschiedene Mustertypen (vgl. Tab. 3).

In die Analyse der Reaktionszeiten gehen nur gültige Versuche mit richtigen Antworten ein (Quote 100 %). Überblickt man die Ergebnisse in der Tabelle 11, so kommt man unter Berücksichtigung des Slope (durchschnittliche Zeit/Element) zu folgender Feststellung: der maximale Umfang visueller Soforterrfassung beträgt $n = 4 \pm 1$ (vgl. Fig. 6).

Da sich die zugrundeliegenden Untersuchungen auch methodisch wesentlich unterscheiden, ist es angebracht, den Zusammenhang von Methode, Befund und Modell deutlicher darzustellen.

Modell A: Das Hauptinteresse richtete sich auf die funktionale Beziehung zwischen der Darbietungsdauer und der Fehlerquote bei unterschiedlich großem Mengenumfang ($1 \leq n \leq x$). Untersucht wurde die Fragestellung mit der Methode der begrenzten Objektdarbietung (threshold procedure, s.o.), und es gab folgende Ergebnisse: Vorlagen bis zu 4 Elementen wurden fehlerfrei und fast gleichschnell ($B_1 = 0$) verarbeitet; ab $n = 5$ Elementen nehmen Fehleranteil und Verarbeitungszeit zu.

Modell B: Es ist insgesamt weniger aussagefähig. Es besagt: die Reaktionszeiten nehmen mit zunehmendem Mengenumfang linear zu, aber anhand der Datenanalyse lassen sich keine Differenzen in der Verarbeitung von Objektmengen beobachten.

Diese Vorstellung korrespondiert mit den Befunden von SALTZMAN und GARNER (1948), die den möglichen Zusammenhang zwischen mittleren Reaktionszeiten und vorgelegten Objektmengen untersuchten.

Modell C: Viele Autoren nach KAUFMAN et al. (1949) haben das Reaktionszeit-Paradigma verwendet: sie analysierten die Reaktionszeiten aller richtigen Lösungen in Relation zu unbegrenzt vorgelegten Objektmengen (latency procedure, s.o.); als statistische Modelle setzten sie die Trend- und Regressionsanalyse ein; diese wurde so lange fortgesetzt, bis bei einem Mengenumfang ($n = 1 - x$) neben dem linearen Trend auch ein quadratischer und/oder kubischer Trend nachgewie-

sen wurde; danach wurden die linearen Regressionen für die kleineren und die größeren Mengen berechnet. Für die Reaktionszeiten der Punktmengen mit linearem Trend wurde die lineare Regression mit dem Schnittpunkt auf der Ordinaten (Intercept) und der durchschnittlichen Steigung der Geraden (Slope) pro Element berechnet (vgl. KLAHR, 1973; CHI und KLAHR, 1975 u.a.).

Die meisten Autoren beobachteten ab dem Mengenumfang $n = 4$ (5) neben dem linearen auch einen quadratischen bzw. kubischen Trend; d.h., ab diesem Mengenumfang nimmt die Verarbeitungszeit pro Element nicht mehr linear, sondern quadratisch oder kubisch zu (= überproportional).

Anhand dieser Methode und den damit erhobenen Befunden ist festzustellen:

- die Reaktionszeit nimmt mit steigendem Mengenumfang zu;
- bei $n = 4$ besteht eine Diskontinuität in der durchschnittlichen Zunahme der Reaktionszeit pro Element;
- die durchschnittliche Zunahme der Reaktionszeiten für kleinere Mengen ($n = 1 - 4$) unterscheidet sich deutlich von der für größere ($n = 5 - 8$).

Nach Interpretation der Autoren (vgl. KAUFMAN et al., 1949; KLAHR, 1973; CHI und KLAHR, 1975; SVENSON und SJÖBERG, 1978) ist der Bereich der Sofortterfassung durch die Trendanalyse definiert (solange nur ein linearer Trend in den Reaktionszeiten besteht); d.h., der Grenzwert bzw. Mengenbereich gibt an, bei bzw. in dem die Verarbeitung von der wesentlich schnelleren 'Sofortterfassung' (simultane Verarbeitung, subitizing) zu der bedeutend langsameren des Zählens (sukzessive Verarbeitung, counting) übergeht.

Zusammengefaßt besagt das: die beiden Verarbeitungsformen Sofortterfassung und Zählen sind mittels der

Reaktionszeitanalyse als unterscheidbare Teilprozesse der visuellen Mengenerfassung nachgewiesen worden. Diese Modellvorstellung ist heute allgemein anerkannt (vgl. zum Ganzen auch SIMONS et al., 1982 a/b).

Bislang wurde 'subitizing' von uns mit Sofort erfassen übersetzt. Das trifft aber nicht in der vollen Bedeutung des Begriffes zu: selbst die kleinen Punktmengen werden nicht simultan erfaßt oder verarbeitet, wie die wenn auch sehr geringe Zunahme der durchschnittlichen Reaktionszeiten pro Element selbst bei kleinsten Punktmengen zeigt.

'subitizing' oder Sofort erfassen bezeichnet deshalb die korrekte und sehr schnelle Verarbeitung kleiner Punktmengen (bis $n = 4$), für die die Reaktionszeit nur in sehr geringem Maße pro Element zunimmt (vgl. Slope).

Weiterhin wird daran deutlich, wie abhängig die Befunde und Konzepte vom methodischen Vorgehen in der Untersuchung sind.

Wir denken daran, ebenfalls das Reaktionszeit-Paradigma mit unbegrenzter Darbietung zu verwenden, allerdings deutlich die Vorgabe der Objektmengen zu verändern, um zu sehen, ob und wie dadurch die Verarbeitung (Zeit und Form) der Elemente beeinflußt wird.

2.3.5. ZUSAMMENFASSUNG DER BEFUNDE BEI ERWACHSENEN

Aus den genannten Studien und Untersuchungen wird deutlich, daß die Mengenerfassung und -verarbeitung von vielen Momenten abhängig ist - wobei der Einfluß unterschiedlich stark sein kann.

Erwiesenermaßen ist die visuelle Mengenerfassung von

Mengenumfang ($1 \leq n \leq n_x$), Stimulusmaterial (heterogen vs. homogen), der Anordnung der Elemente (Muster oder Konfigurationen), dem damit verbundenen Blickwinkel, der Objektklarheit (Lichtintensität) und dem methodischen Vorgehen (Versuchsanleitung und Darbietungszeit der Objekte) abhängig.

Speziell unter Bezug auf die Verarbeitungszeit (RZ) bei unbegrenzter Darbietung der Objekte (Methode) kann festgestellt werden:

die Reaktionszeit ist erwiesenermaßen von folgenden Variablen beeinflusst:

- . dem Mengenumfang ($1 \leq n \leq n_x$),
- . dem Objektmaterial: heterogen oder homogen,
- . der Anordnung der Elemente und
- . dem damit verbundenen Blickwinkel.

Anhand der Datenanalyse (Trend- und lineare Regressionsberechnung der Reaktionszeit) lassen sich zudem zwei Teilprozesse in der visuellen Mengenerfassung unterscheiden: die sehr schnelle und korrekte Sofort- erfassung für kleinere Mengen ($1 \leq n \leq 4$) und das wesentlich langsamere Zählen für größere ($n = 5-8$).

2.4. VISUELLE MENGENERFASSUNG BEI KINDERN

Anfangs interessierte man sich im Zusammenhang mit der visuellen Mengenerfassung vor allem für die allgemeinpsychologischen Aspekte, wie aus den zahlreichen Untersuchungen mit Erwachsenen zu entnehmen ist.

Ausnahmen bilden die Arbeiten von FREEMAN (1910), BECKWITH und RESTLE (1966) und CHI und KLAHR (1975): sie suchten im Rahmen ihrer Fragestellungen (Umfang der Aufmerksamkeit und Zahlleistung; Beziehung zwischen Objektanordnung und Zählen; Spanne und Ausmaß der Mengenerfassung) im Extremgruppenvergleich zwi-

schen Kindern und Erwachsenen nach altersspezifischen Ergebnissen, seien es Ähnlichkeiten oder charakteristische Differenzen.

Andererseits wurden ähnliche Fragen unter entwicklungspsychologischem Aspekt aufgeworfen; insbesondere KAUFMAN, LORD, REESE und VOLKMANN (1949) regten die Erforschung der visuellen Mengenerfassung bei Kindern an, nachdem sie die drei Teilprozesse "subitizing, counting and estimating" beobachtet hatten. Sie warfen die Frage auf:

"Wie entwickelt sich die Mengenunterscheidung bei Kindern?... Sicherlich werden die Variablen Alter, Übung und Fähigkeitsgrad bestimmte Effekte bewirken, aber sie müssen nicht unbedingt den Punkt verändern, an dem die (beobachteten) Funktionen in der Steigung (Diskontinuität der linearen Regression der RZ) unterbrochen sind." (KAUFMAN et al., 1949, 524; Zusätze des Autors in Klammern).

Diese Fragen und Gedanken sind in Folgestudien vermehrt aufgegriffen worden, insbesondere von GAST (1954 und 1957), BECKWITH et al. (1966), GELMAN (1972), SCHAEFFER, EGGLESTON und SCOTT (1974), GELMAN und TUCKER (1975), CHI und KLAHR (1975), GELMAN und GALLISTEL (1978), SVENSON und SJÖBERG (1978), STARKEY und COOPER (1980), und MANDLER und SHEBO (1982). Letztere stellen auf dem Hintergrund, daß Kinder im Vergleich zu Erwachsenen beim Zählen dreimal soviel Zeit benötigen, die Frage: "Zählen Kinder bloß langsamer als Erwachsene oder zählen sie anders?" (MANDLER, 1982, 6; vgl. dazu auch die Befunde von CHI et al., 1975).

Diese und ähnliche Fragen sind schon vielfach untersucht worden - und wir wollen etwas ausführlicher und systematisiert die Studien und ihre Ergebnisse darstellen.

2.4.1. ALLGEMEINE VERSUCHSBEDINGUNGEN

- Versuchspersonen und Stichprobengrößen (N)

Die Forscher bedienen sich sehr unterschiedlicher Stichprobengrößen mit je eigener Altersstruktur. Wir können drei große Gruppierungen nach der Stichprobengröße unterscheiden, und bei entwicklungspsychologischen Fragestellungen werden Kinder im Alter von 2;0 - 7;0 Jahren bevorzugt (vgl. Tabelle 12).

Tab. 12: Stichprobengröße und Altersgruppen in der Erforschung der visuellen Mengenerfassung bei Kindern

STICHPROBENGROSSE	N	AUTOREN/JAHR	ALTER (J.)
klein: N = 10	-	CHI, 1977*	5;0
mittel: 10 = N = 20	12	CHI et al. 1975*	5;0-6;5
	14	FREEMAN, 1910*	6 - 14
	16	SCHAEFFER et al. 1974	2;0-6;0
	16	SVENSON et al. 1978	7;0-8;0
	18	BECKWITH et al. 1966*	7;3-9;10
groß: 50 = N = 100 und mehr	57	TRABASSO, 1966	2;6-9;6
	58	POTTER et al. 1968	2;7-4;3
	65	SCHAEFFER et al. 1974	2;0-6;0
	72	STARKEY et al. 1980	0;4-0;8
	72	WOHLWILL, 1960	4;0-7;0
	66	WALLACH et al. 1964	6;5-7;8
	81	GAST, 1957	3;3-7;6
	90	SMITHER et al. 1974	3;0-3;11
			4;1-5;2
			5;10-6;7
	96	GELMAN, 1972	3;0-6;5
	102	FILGIB, 1923	3;0-6;0
keine Angabe	200	MEHLER et al. 1967	2;4-4;7
	210	ROTHENBERG, 1969	4;3-5;0
			5;3-6;0
	465	BECKMANN, 1924	3;6-5;6
		GAST, 1954	3;0-8;0
		BEILIN, 1968	3;0-4;7
		GELMAN et al. 1975	3;4-5;0
		SVENSON et al. 1978	7;0-8;0

Abkürzungen: * = in diesen Studien waren auch Studenten und Erwachsene beteiligt; Altersangabe in Jahren und Monaten;

STARKEY und COOPER (1980) beobachteten das Verhalten von Säuglingen im Alter von 16 - 30 Wochen; sie fanden heraus, daß diese durchaus in der Lage sind, zwi-

schen den Mengen $n = 2$ und $n = 3$ zu differenzieren, während es ihnen bei den Mengen von $n = 4$ und 6 nicht gelang.

- Versuchsanweisung

Nur ein Teil der Arbeiten untersucht speziell die visuelle Mengenerfassung im oben genannten Sinne bei den anderen handelt es sich um Studien zur Diskrimination von Mengen oder um die klassischen Konservierungsaufgaben (vgl. PIAGET) dementsprechend sind die Anweisungen verschieden gestaltet.

Bezogen auf die Mengenerfassung im Sinne einer Mengenbestimmung (Umfang/Anzahl) wurden die Versuchspersonen dazu aufgefordert, die vorgegebenen Mengen möglichst genau und/oder möglichst schnell zu bestimmen; die Kombination von Genauigkeit und Schnelligkeit gilt vor allem für die Reaktionszeitversuche von BECKWITH et al. (1966), CHI und KLAHR (1975), CHI (1977) und SVENSON et al. (1978).

- Stimulusumfang (n)

Welche Autoren mit welchem Mengenumfang gearbeitet haben, ist aus Tabelle 13 zu entnehmen.

Tab. 13: Übersicht über den Stimulusumfang in den Versuchen mit Kindern

AUTOREN/JAHR	ME	STIMULUSUMFANG
FREEMAN, 1910	*	n = 1 - 12
FILBIG, 1923	*	1 - 20
BECKMANN, 1924	(*)	2 - 5
DOUGLASS, 1925	*	1 - 10
GAST, 1954		100; 40; 130
GAST, 1957	*	max. 5
WOHLWILL, 1960		2 - 4 und 6 - 8
BECKWITH et al. 1966	(*)	5 - 18 ; 12;15;16;18 als Zielmengen;
MEHLER et al. 1967		4 - 6
BEILIN, 1968		4 - 6
PIAGET, 1968		4 - 6
BEVER et al. 1968		4 - 6
POTTER u. LEVY, 1968	(*)	3 - 6 u. 9
ROTHENBERG, 1969		2 x 5
GELMAN, 1972		2 x 3, max. 4
SCHAEFFER et al. 1974	*	1 - 10 (1 - 4 u. 1 - 7)
SMITHER, 1974		3 - 10
CHI u. KLAHR, 1975	*	1 - 10
GELMAN u. TUCKER, 1975	*	2 - 5;7;11;19
CHI, 1977		2 - 5 u. 1 - 3
SVENSON et al. 1978	*	1 - 9
STARKEY et al. 1980		2 - 3 u. 4 - 6

Abkürzungen: ME = Mengenerfassungsversuche

* = diese Arbeiten untersuchen die
ME und nicht Mengendiskrimination

(*) = diese Arbeiten untersuchen einge-
schränkt die ME

Der Objektumfang umfaßt meist die Spanne von $1 \leq n \leq 10$ (seltener ≤ 20). Wie schon aus den referierten Arbeiten mit Erwachsenen deutlich wurde, können schon in diesem Bereich unterschiedliche Verarbeitungsprozesse in der Mengenerfassung beobachtet und experimentell nachgewiesen werden; daher sind die Arbeiten mit dem genannten Mengenumfang bei Kindern für uns von vorrangigem Interesse.

Besonders große Mengen verwendete GAST in einem differenzierten Diskriminationsversuch (1954; $n = 40$; 100 und 130).

Einige Autoren gebrauchten kein Mengenkontinuum von $1 \leq n \leq n_x$, sondern nur Teil- oder Zielmengen, wie z.B. BECKWITH et al. (1966), POTTER et al. (1968 und GELMAN und TUCKER (1975) (vgl. dazu Tab. 13).

Ferner wird deutlich, daß ca. die Hälfte der Versuche die visuelle Mengenerfassung im oben umschriebenen Sinne untersucht haben, während die restlichen Arbeiten von Aspekten der Mengenunterscheidung (gleich vs. ungleich; größer/kleiner; mehr/weniger) in den klassischen Konservierungs-Versuchen (PIAGET et al.) handeln. Letztere wollen wir aus unserer Darstellung und Überlegung vollständig ausklammern, sofern sie nicht eindeutige Aussagen zur visuellen Mengenerfassung enthalten.

Die Arbeiten, die speziell unsere Fragestellung behandeln, sind in der Tabelle mit einem Stern* oder (*) gekennzeichnet.

- Versuchsmaterial

In den meisten Versuchen wurde ein spielerisches Vorgehen gewählt, um die Kinder für die notwendige Mitarbeit zu motivieren; z.T. wurden natürliche, z.T. auch künstliche Stimuli verwendet. Letztere sind aus den Studien mit Erwachsenen schon hinlänglich bekannt. In Tabelle 14 befindet sich eine Übersicht: sie weist die verwendeten Stimuli und ihre mögliche Anordnung aus; meistens wurden die Objekte simultan vorgelegt; lediglich akustische Reize wurden sukzessive vorgegeben (vgl. dazu SCHAEFFER et al., 1974).

Besonders auffällig ist der große Anteil natürlicher Stimuli, die teilweise homogen und/oder heterogen benutzt wurden; den zweiten Schwerpunkt bilden künst-

liche homogene Stimuli in Form von Punktmengen bei unterschiedlicher Konfiguration (Zufallsmuster, bekannte Muster wie vom Würfel oder Domino, geometrische Anordnungen etc.; letztere sind besonders häufig variiert worden).

Tab. 14: Verwendetes Stimulusmaterial in den Versuchen mit Kindern und z.T. Erwachsenen

STIMULUSMATERIAL	AUTOREN/JAHR
1. natürliche Stimuli:	
Bonbons, Holzscheiben	FILBIG, 1923
Würfel, Kugeln, Perlen u. Bilder	BECKMANN, 1924
Kugeln (Murmeln)	DOUGLASS, 1925
Spielkugeln	GAST, 1954
Spielsachen, Werkzeuge u. Stäbchen	GAST, 1957
Karten u. Knöpfe, Puppen u. Betten	WALLACH u. SPROTT, 1964
Ton- u. Schokoladekugeln	MEHLER u. BEVER, 1967
dto.	BEILIN, 1968
Klebebilder, geometr. Figuren, Bilder	POTTER u. LEVY, 1968
Spielmäuse	GELMAN, 1972
Trommelschläge (akust. sukzessiv), Süßigkeiten	SCHAEFFER et al. 1974
Fotos mit Gesichtern	CHI, 1977

2. künstliche Stimuli:	
Linien/Striche	- BECKMANN, 1924
geometr. Figuren	- BECKMANN, 1924
"	BECKWITH et al. 1966
"	POTTER u. LEVY, 1968
Wörter	- FREEMAN, 1910 (für Erw.)
	ROTHENBERG, 1969
Punkte in div. Mustern (Zufallsmuster)	- BECKWITH et al. 1966
	CHI u. KLAHR, 1975
Punkte in bek. Mustern	- FREEMAN, 1910
	BECKMANN, 1924
Punkte in geometr. Anordnung:	
- FREEMAN, 1910: Waagerechte, Senkrechte, Kreis;	
- BECKMANN, 1924: Waagerechte, rechter Winkel, Kreis, Quadrat;	
- DOUGLASS, 1925: Waagerechte;	
- BECKWITH et al. 1966: Waagerechte, Kreis, Quadrat;	
- BEVER et al. 1968: Waagerechte, weit und eng;	
- ROTHENBERG, 1969: Waagerechte mit 5 Transformationen;	
- SVENSON et al. 1978: Waagerechte;	
- STARKEY et al. 1980: Waagerechte;	

Wie bei den Versuchen mit Erwachsenen wurden auch hier die Objektmengen simultan und ruhend vorgelegt, sofern es sich um die Untersuchung der visuellen Mengenerfassung handelte.

- Darbietungszeit (-dauer)

In den meisten Forschungsarbeiten wurden unbegrenzte Darbietungen verwendet, da diese für die Mitarbeit von Kindern günstiger sind.

Lediglich drei Autoren begrenzten die Vorgabedauer; dazu zählen die frühe Arbeit von FREEMAN (1910; 50 - 100 msec.) und die relativ neuen Studien von GELMAN und TUCKER (1975; 1000, 5000 msec. und 1 Min.) und von CHI (1977; 1200 - 3000 msec.).

Bei FREEMAN (1910) kann man analog zu den Ergebnissen über die funktionale Beziehung zwischen der Mengenerfassung und der systematischen Variation der Darbietungszeit entnehmen, daß er das Zählen und die Erinnerungsnachbilder im Versuch verhindern will, was bei den relativ langen Zeiten der anderen Versuche nicht mehr zutreffen kann.

Vier Studien benutzten die Reaktionszeitmethode, d.h., die Stimuli bleiben bis zur Mengenantwort der Versuchsperson sichtbar (latency procedure); protokolliert wurden die Reaktionszeit und das Mengenurteil; im Anschluß daran wird ihre Relation zueinander analysiert.

- Objektdistanz, Blickwinkel und Objektklarheit

In fast allen Untersuchungen ist die Objektdistanz konstant gehalten worden; die Entfernungen betragen zwischen 0,70 m bei GELMAN et al. (1975) bis zu 2,00 m bei FREEMAN (1910).

Wir vermuten, daß gerade im Umgang mit natürlichen Objekten die Distanz ungefähr der normalen Reichweite eines Kindes entsprach (ca. 30 - 40 cm).

Die Objektklarheit erfuhr in den Versuchen mit Kleinkindern im Gegensatz zu einigen Studien mit Erwachsenen keine Veränderung (es liegt auch keine systematische Variation dieser Variablen mit dem Ziel vor, dadurch speziell bedingte Einflüsse zu untersuchen;).

2.4.2. ERGEBNISSE DER VISUELLEN MENGENERFASSUNG BEI KINDERN

Es entfallen einige Auswertungsgesichtspunkte und somit entsprechende Befunde im Vergleich zu den Erwachsenen, da diese bei Kindern noch nicht systematisch untersucht worden sind.

Dazu gehören u.a. folgende:

- . spezielle Durchführungsbedingungen:
 - Rekognitions- und Identifikationsmethode,
 - Genauigkeit und/oder Schnelligkeit,
 - Raum- und Lichtverhältnisse;
- . von der Variation der Objektbedingungen entfallen folgende Aspekte:
 - Objektfolge,
 - Objektdistanz,
 - Objektklarheit.

GELMAN (1972) setzte sich eingehend mit der methodischen Abhängigkeit von Befunden in der Mengenerfassung bei Kindern auseinander: bis dato war der klassische Konservierungsversuch von PIAGET u.a. für den Nachweis eines vollständigen Zahlverständnisses die Methode der Wahl. Allerdings konnten auch Nachteile bei dieser Methode beobachtet werden, die GELMAN beheben oder umgehen möchte, indem sie

- die Verwendung bestimmter Begriffe (gleich; größer - kleiner; mehr - weniger) kontrolliert, da diese für Kinder un- bzw. mißverständlich sein können;
- das Beachten irrelevanter Merkmale durch die Kinder reduziert und
- die Probleme des Schätzens minimalisiert (op.cit., 1972, 76-77).

Aus diesen Gründen nimmt sie jüngere Kinder, wählt kleinere Mengen ($n = 3$) und geht spielerisch vor, indem sie Anleihen in der Zauberei macht; dazu ist es erforderlich:

- eine Erwartungshaltung bei den Kindern für kleine Mengen aufzubauen, und
- die Veränderungen an den Elementen und Mengen heimlich vorzunehmen (sei es durch Transformation der Länge/Dichte oder durch Subtraktion oder Addition) (magic paradigm).

Dabei interessiert sie besonders, ob die Beobachter die heimliche Veränderung bemerken, und wie sie darauf reagieren; je nach Reaktion kann geschlossen werden, ob sie die heimlich vorgenommene Veränderung für mengenirrelevant halten oder nicht.

In zwei Experimenten untersuchte sie das Verhalten von Kindern auf die unerwartete Subtraktion bzw. Addition einerseits gegenüber dem Verhalten bei unerwartetem Versetzen der Elemente andererseits. 96 bzw. 35 Kinder im Alter von 3, 4 und 5-6 Jahren nahmen an den Versuchen teil. Als Material verwendete sie grüne Spielmäuse, 2 weiße Platten (Teller) und 2 weiße Dosen! Nach einer Spielphase wurde die Erwartungshaltung für bestimmte Mengen bei den Kindern aufgebaut: 3 Mäuse waren auf dem einem, 2 auf dem anderen Teller; zwischen den Durchgängen wurden die Mäuse mit den Dosen verdeckt und anschließend vertauscht; die Kinder hatten den Gewinner (3 Mäuse auf einem Teller) zu bestimmen; sofern das gelang, bekam das Kind einen Preis (Phase II).

In der III. Phase wurden heimlich die Veränderungen vorgenommen, während die Mäuse verdeckt waren: entweder durch Wegnehmen bzw. Hinzufügen einer Maus oder durch Versetzen der Mäuse (Länge/Dichte der Reihe).

Das Verhalten der Versuchspersonen auf die Verletzung der Mengenerwartung wurde für jede Veränderung kategorisiert:

- Überraschungsverhalten (0-2 Punkte),
- Bemerkung der Veränderung,
- Suchen aufgrund der Veränderung,
- Bemerken und angemessenes Erklären der Veränderung und
- Bemerken und Rückgängigmachen der Veränderung.

Als Ergebnisse stellt GELMAN fest:

- in der II. Phase lernten alle Kinder den Gewinner und den Verlierer bei einer sehr geringen Fehlerquote richtig zu bestimmen (Identifikation),
- in Phase III war für die Anzahl die Subtraktion bzw. Addition und nicht die Verschiebung der Elemente entscheidend (op.cit., 1972, 82, Tab. 1).

Allgemeiner gefaßt besagt das: Kinder im Alter von 3 - 6;5 Jahren sind in der Lage, (zumindest kleine) Mengen als invariant zu behandeln und mengenirrelevante Veränderungen zu vernachlässigen (op.cit., 1972, 84-86). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt sie auch mit TUCKER (1975, 172-173, Exp. II) indem sie ebenfalls die "Magic-paradigm-Methode" benutzt. Zur Kontrolle führte GELMAN anschließend bei gleichem Mengenumfang (2 x 3 Poker-Chips) einen klassischen Konservierungsversuch bei 2 Transformationen (Länge und Dichte) mit 3 und 4-Jährigen (N = 20) durch; sie wollte überprüfen, ob die Kinder bei dieser Methode und dem kleinen Mengenumfang erfolgreich sind oder nicht, zumal PIAGET (1941) vermutet, daß kleine Mengen 'intuitiv' verarbeitet werden. Die 3-Jährigen äußerten in den Konservierungsversuchen zu 95 %, daß die Mengen ungleich groß sind; bei den 4-Jährigen lag die Quote bei 55 %.

GELMAN (1972) schließt daraus: Da 3- und 4-Jährige selbst bei kleinen Mengen mehrheitlich im klassischen Konservierungsversuch versagen, muß dieser mehr als nur einen Aspekt überprüfen (op.cit., 1972, 88).

Lediglich GELMAN und TUCKER (1975) haben sich darum bemüht, welchen Einfluß Variablen auf die Mengenerfassung haben:

- Alter,
- Mengenumfang,
- Stimulusqualität (homo-/ heterogen),
- variiertes Blickwinkel und
- eine veränderte Darbietungszeit.

Zunächst berücksichtigen wir die möglichen Effekte von variiertem Blickwinkel und wechselnder Darbietungszeit. Die anderen Momente werden im größeren Zusammenhang mit den Ergebnissen anderer Forscher dargestellt werden.

- Blickwinkel systematisch variiert

GELMAN et al. (1975) benutzten homogene Stimuli auf weißen Karten (14 x 35,5 cm). Je zur Hälfte ordneten sie die Stimuli so an, daß die Dichte sich änderte, aber die Länge gleichblieb und umgekehrt. Das ergab eine Variation des Blickwinkels von $1,7^{\circ}$ (2 Punkte) bis $5,4^{\circ}$ (bei 5 Punkten) und von $25,4^{\circ}$ bei der Längenkonstanzbedingung (op.cit., 1975, 169). Allerdings konnten die Autoren bei dem Mengenumfang von $2 \leq n \leq 5$ keinen bedeutsamen Einfluß dieser Variable feststellen (op.cit., 1975, 170). Wir nehmen an, daß der Mengenumfang tatsächlich zu gering war.

- Veränderte Darbietungszeiten für die Vorlagen

Etwas provisorisch und meßmethodisch großzügig wurde die Variation der Darbietungszeiten vorgenommen; sie benutzten 1 und 5 Sekunden und 1 Minute (op.cit., 1975, 169).

Die Ergebnisse finden sich bei GELMAN et al. (1975, 170) in Tab. 1. Ein bedeutsamer Unterschied konnte zwischen den beiden Zeiten von 1 und 5 Sekunden nicht durchgängig beobachtet werden; andererseits ist all-

gemein zu erkennen, daß mit zunehmender Zeit auch die Genauigkeit der Mengenurteile zunimmt; letzteres gilt für beide Verarbeitungsformen: Sofortterfassung und Zählen; d.h., bei kürzerer Darbietungszeit und geringem Mengenumfang tritt das Zählen deutlich weniger auf, mit zunehmender Dauer und wachsendem Objektumfang steigt auch der Zählanteil.

Weiter stellen GELMAN et al. (1975) für die Darbietungszeit von 1 Sekunde fest:

- . es ist zu beobachten, daß 3-jährige Kinder mehr zum offenen Zählen neigen als 4-jährige; und letztere neigen mehr dazu als die 5-jährigen; das bedeutet: je jünger die Versuchspersonen, desto größer die Zähltenzendenz;
- . gleiches gilt mit geringen Abweichungen für die anderen beiden Darbietungszeiten;
- . 3-jährige Kinder zählen laut unabhängig vom Mengenumfang, während ältere erst bei größeren Mengen zu gleichem Verhalten übergehen;
- . insgesamt ist ein Einfluß der Darbietungszeit durchgängig zu beobachten.
(vgl. dazu op.cit., 1975, 171)

2.4.3. BEFUNDE DER VISUELLEN MENGENERFASSUNG AUS ALLGEMEINPSYCHOLOGISCHER SICHT

- Objektqualität

Die Übersicht über das verwendete Stimulusmaterial weist aus, daß in vielen Studien mit homogenen Objekten die Mengenerfassung und Zahlbetätigung (= Verarbeitung) erforscht wurde.

Besonders BECKMANN (1924), GAST (1957) und GELMAN et al. (1975) haben den Einfluß der Stimulusqualität (homogene und heterogene) und deren Anordnung auf die Mengenerfassung und das Zählen untersucht. Die Ergebnisse dazu sind nicht eindeutig.

In seinem Werk zur Entwicklung der Zahlleistung bei 2 - 6 jährigen Kindern entwickelte BECKMANN (1924)

eine differenzierte Sichtweise: er spricht von Engrammen oder Zahlengrammen; damit umschreibt er die Tatsache, daß ein Kind diese oder jene kognitive Leistung mit einer Zahl vollbringen kann. Qualitativ unterscheidet er als mögliche Komponenten des Zahlbewußtseins und der -betätigung 6 Zahlakte:

1. Zahlhörakt,
2. Zahlsprechakt,
-
3. Zahlherstellungsakt,
4. Zahlunterscheidungsakt,
5. Zahlfindeakt und = Zahlbetätigungsakt
6. Zahlbenennungsakt.

(nähere Angaben zu den Zahlakten entnehme man op.cit., 1924, 10-17)

Den prozentualen Anteil der vier Zahlbetätigungsakte an der allgemeinen Zahlleistung entnehme man BECKMANN (1924, 23, Tab. 5). Sie sind von besonderem Interesse, da sie eine inhaltliche Differenzierung des aktiven Umgangs mit Mengen und Zahlen zulassen. Das gilt auch für den Fall, wenn es um den potentiellen Einfluß der Stimulusqualität auf die Mengenerfassung geht.

Im wesentlichen stiftete BECKMANN in seinen Versuchen zunächst entsprechende Zahlengramme mittels der o.g. Betätigungsakte, um dann den Transfer der Engramme auf andere Objekte und Situationen zu untersuchen (im Kern ein Lernversuch, vgl. Tab. 15).

Tab. 15: Überblick der Transferversuche von BECKMANN (1924)

Stiftung der Zahlengramme mit	Transfer der gestifteten Engramme auf
- Würfel	Spielsachen (bunt gemischt)
- Punkte, Striche und Kreise	körperliche Objekte
- Würfel, Murmeln, Perlen und Hölzchen	Bildobjekte

(vgl. op.cit., 1924, 32-37)

Seine Befunde ergeben, daß die Heterogenität der Objekte einen sehr geringen oder keinen Einfluß auf den Zahlgebrauch haben. Sofern eine Person bei der Engrammbildung in allen Zahlakten sicher wird, geht sie auch mit anderen homo- oder heterogenen Reizvorlagen erfolgreich um; sonst ergeben sich Schwierigkeiten; deutlich ist, daß nur die sicher gemeisterten Zahlbetätigungsakte allgemeiner angewendet werden können, die anderen nicht (BECKMANN, 1924, 34-35, 37). Insgesamt hält BECKMANN den hier betrachteten Variableffekt der Stimulusqualität für unbedeutsam.

Nun zu der Untersuchung von GAST (1957): in drei Versuchsserien analysiert er den "Umgang mit Zahlen und Zahlgebilden in der frühen Kindheit". 81 Versuchspersonen im Alter von 3;3 - 7;6 Jahren nahmen daran teil (genauere Angaben zur Alterstruktur vgl. GAST, 1957, 7).

In einer ersten Versuchsreihe untersucht er die Erfassung von kleinen, überschaubaren Anzahlen bei verschiedener Beschaffenheit und Anordnung der Elemente; als kleine, überschaubare Anzahl definiert er nach BECKMANN (1924), FILBIG (1910) und DESCOEUDRES Mengen mit 2 - 4 Elementen, d.h., es handelt sich um den Mengenbereich, den 3 - 6-Jährige mühlos simultan erfassen können. In inhaltlicher Anlehnung an BECKMANN (1924) läßt er die Kinder folgende Schritte durchführen:

- . Anzahlbenennung,
- . Anzahlherstellung,
- . Anzahlfindung,
- . Anzahlnachlegung (I),
- . Anzahlnachlegen bei verschiedener Anordnung der Elemente (II).

Er bedient sich dabei verschiedener Stimulusqualitäten:

- . homogene Elemente,
- . heterogene Elemente: - qualitäts- und materialverschieden,
- funktionsverschieden,

mit einer abgestuften Variation nach Form, Größe, Beschaffenheit und funktionelle Beziehung der Objekte untereinander (weitere Angaben zur Stimulusqualität vgl. op. cit., 1957, 10 Tab. I).

GAST wechselt deutlich von homogenen Stimuli zur heterogenen Stimuli und steigert schrittweise den Grad (op.cit., 1957, 8-37).

Die wesentlichen Erkenntnisse nach den Versuchen von GAST sind: es gibt drei Stufen der Anzahlerfassung; sie verteilen sich auf drei Altersgruppen wie folgt:

- . Stufe 1: einfachste Anzahlerfassung (sie gilt im Alter von 3;3 - 4;11-Jahren); diese Kinder können kleine Mengen nur erfassen, wenn die Elemente gleich oder sehr ähnlich sind und keine figuralen Anordnungen aufweisen; die einzelnen Objekte müssen deutlich voneinander abgehoben und als beziehungslose Einzelstücke gegeben sein;
- . Stufe 2: anschaulich-gegenständliche Anzahlerfassung; sie bezieht sich auf 5;0 - 6;5 Jahre alte Kinder; sie erfassen die Mengen anzahlmäßig korrekt und unabhängig von der qualitäts- oder materialverschiedenen Zusammensetzung der Elemente; auch sind sie in der Mengenerfassung unabhängig von der räumlichen Anordnung der Stimuli; allerdings dürfen die Objekte anschaulich nicht zu stark gebunden sein; sie müssen untereinander frei sein von funktionalen Beziehungen;
- . Stufe 3: die reine Anzahlerfassung (im Alter von 6;6 - 7;6 Jahren und mehr); sie können Mengen beliebiger Elemente richtig erfassen; d.h., die Verarbeitung erfolgt material- und anordnungsunabhängig; natürliche und funktionale Beziehungen der Objekte sind dabei völlig unerheblich (GAST, 1957, 38; vgl. dazu auch die Parallelen zu PIAGET et al., 1941).

In der zweiten Versuchsreihe befaßte er sich mit der zahlenmäßigen Bestimmung von größeren, nicht unmittelbar erfassbaren Mengen ($5 \leq n \leq 8$). Folgende Versuche führt GAST mit den Kindern durch:

- . Nachlegen von größeren Mengen, bestehend aus Untergruppen;

- . Nachlegen von größeren Mengen ohne jegliche Untergruppen;
- . richtiges Erkennen der Reihenposition von Elementen einer großen ungegliederten Anzahl;
- . Standortbestimmung der Elemente bei paralleler Anordnung der Reihen, wenn auch bei unterschiedlicher Länge der Reihe oder Dichte der Einzelemente zueinander.

GAST (1957) faßt das Ergebnis wie folgt zusammen:

"5 - 6 jährige Kinder, die kleinere direkt überschaubare Anzahlen material- und lageunabhängig erfassen können, sind nicht in der Lage, größere, nicht mehr überschaubare Anzahlen zahlen genau zu bestimmen.

Das Abzählen der Mengenelemente oder die unter einfachen Bedingungen (...) von ihnen geleistete Standortbestimmung der Mengenelemente führen nicht zur zahlenmäßigen Bestimmung der Anzahlgröße. Sie können eine anschaulich durchgeführte Veränderung der Anzahlgröße nicht begreifen und lassen sich bei der Beurteilung von Mengengrößen durch räumliche Eindrücke leiten." (op.cit., 1957, 47-48)

In einer dritten Versuchsreihe betrachtet GAST das Abzählen größerer Mengen ($5 \leq n \leq 15$) in Reihenanordnung und ungeordneten Anhäufungen (= sukzessives Abzählen - counting). Die Serie setzte sich aus vier Teilversuchen zusammen:

- . Abzählen von Reihenanzahlen, bestehend aus homo- und heterogenen Elementen;
- . Abzählen von ungeordneten Mengen, von Dingen und natürlichen Gruppierungen;
- . Zählen von Dingen (heterogene Elemente), die alle auf einem Tisch liegen;
- . Abzählen von natürlichen Dinggruppierungen bei Variation der Funktionsunterschiede (z.B.: Teil - Ganzes, Figur - Grund).
(vgl. op.cit., 1957, 48-65)

Die Versuchsreihe erbrachte folgende Ergebnisse:

- . in Reihen angeordnete Mengen sind leichter zählbar als ungeordnete Dinganhäufungen und natürliche Dinggruppierungen;

- . 3 - 4 jährige Kinder zählen nur homogene Elemente und benennen die heterogenen;
- . 5 - 6-Jährige zählen - wie oben schon beobachtet - material- und qualitätsverschiedene Dinge zusammen, sehen aber funktionsverschiedene Objekte nicht als gleichwertige zählbare Elemente an;
- . mit 6;6 Jahren und mehr werden alle Dinge gezählt, unabhängig von ihrer Beschaffenheit und funktionellen Beziehung.

An der Untersuchung von GAST (1957) wird deutlich:

- unter Berufung auf andere Studien unterscheidet er zwei Teilprozesse der visuellen Mengenerfassung, nämlich: die simultane Anzahlerfassung (subitizing) bei kleinen Mengen ($2 = n = 4$) und das sukzessive Abzählen (counting) bei größerem Mengenumfang ($5 = n = 8 / = 15$);
- die Variablen 'Objektqualität' und '-anordnung' haben einen nachweisbaren Einfluß, der mit zunehmendem Alter (Grenze 6;6 Jahre) bedeutungsloser wird (vgl. u.a. PIAGET et al., 1941).

In der genannten Studie findet sich keine eigene Grenzwertbestimmung; es handelt sich somit um eine inhaltlich-qualitative Analyse visueller Mengenerfassung unter entwicklungspsychologischem Aspekt.

In einer Studie, die im wesentlichen das Zählen bei Kindern als Operation der richtigen Mengenerfassung untersucht, bedienten sich GELMAN et al. (1975, 169) homogener und heterogener Stimuli ($n = 2-5, 7, 11$ u. 19); die Variation der Objekte, die 3-5-Jährigen (48 Versuchspersonen/Altersgruppe) vorgelegt wurden, lag in Farbe (rot und blau) und Form (Sterne und Kreise).

Die Analyse ergab, daß die Verschiedenartigkeiten der Reize keinen wesentlichen Einfluß auf die Anzahlerfassung ausübt; dies gilt für alle beteiligten Altersgruppen (op.cit., 1975, 170).

Dieses Ergebnis besagt letztlich: Vorschüler können die Heterogenität der Objekte bei der Mengenerfassung angemessen vernachlässigen; die Variation nach Farbe

und Form behandelten sie als mengenirrelevant; dieser Befund gilt nach Meinung der Autoren sowohl für die numerische Vorstellung (estimators) wie für das numerische Denken (operator) (vgl. op.cit., 1975, 175 u.175).

Die Befunde zum Einfluß heterogener Stimuli auf die visuelle Mengenerfassung sind nicht eindeutig: GAST(1957) stellt einen bedeutsamen Einfluß mengenirrelevanter Objekteigenschaften in unterschiedlichem Grad für die untersuchten Altersgruppen fest; BECKMANN (1924) und GELMAN et al. (1975) beobachten bei der Heterogenität ihrer Stimuli keinen nachweisbaren Einfluß: die untersuchten Kinder (2-6 J. bzw. 3-5 J.) behandeln diese Variablen als mengenirrelevant.

- Anordnung homogener Stimuli und ihr Einfluß auf die Mengenerfassung bei Kindern

U.a. haben sich mit dem Einfluß der Konfigurationen auf die Mengenerfassung FREEMAN (1910), BECKMANN (1924) und BECKWITH und RESTLE (1966) befaßt; die Befunde der letzteren sind nur bedingt vergleichbar, da sie im Bereich von $5 = n = 18$ vier Zielmengen ($n = 12, 15, 16$ u. 18) bestimmt haben wollen, während die anderen Autoren sich bei einem Mengenumfang von $1 = n = 12$ bzw. $2 = n = 5$ der Identifikationsmethode bedienten.

FREEMAN (1910) entwickelte 12 Versuchsserien mit je unterschiedlicher Anordnung der Elemente (vgl. Tab. 16).

Tab. 16: Einfluß der Mengenanordnung auf die max. korrekt erfaßte Menge pro Altersgruppe nach FREEMAN (1910)

SERIE	M E N G E N A N O R D N U N G	n _{max} pro Altersgruppe		
		8-10	12-13	8-13 J.
1	Punktmengen in horizontaler Reihe	5	5	5
2	je drei Punkte gruppiert	-	-	-
3	jede gerade Anzahl ist durch eine	6	10	6
4	Kombination aus Serie 2 und 3	-	-	-
5	Anordnung der Mengen in Quadraten	9	8	8
6	je drei Punkte in vertikaler Reihe	-	-	-
7	Punkte in vertikaler Reihe	4	4	4
8	dto.	-	-	-
9	je vier Punkte in paralleler horizontaler Reihe	-	-	-
10	Gruppierung zu je 5 Punkten	7	12	11
11	BEEZ Anordnung f.d. Rechenunterricht	-	-	-
U/x	Punkte in kreisförmiger Anordnung	-	7	6

Abkürzungen: - = dazu sind keine Angaben vorhanden;

Die Angaben zu dieser Tabelle sind FREEMAN (1910) 146-147 Tab. 15-17; 149 Fig. 2 und 153-154 Fig. 3 und 4 entnommen.

Daraus läßt sich folgende Rangfolge ableiten:

- schwer - vertikale Reihe ohne Gruppierung,
 - horizontale Reihe ohne Gruppierung,
 - kreisförmige Anordnung,
 - Parallelreihen in Zweiergruppen,
 - quadratische Anordnung,
- leicht - Fünfer-Gruppierung (Würfelmuster).

Danach ist festzustellen, daß Anordnungen von besonderer figuraler Güte die Mengenerfassung als Mustererkennung (z.B. Quadrat oder Würfelmuster) wesentlich erleichtern; ähnliche Befunde finden sich in der Literatur über die visuelle Mengenerfassung bei Erwachsenen.

BECKMANN (1924) geht diese Frage methodisch anders an: zunächst will er erfahren, ob Kinder homogene Stimuli in bestimmter Weise selbst anordnen, und ob sie dabei bestimmte Konfigurationen bevorzugen; er kann eine allgemeine Tendenz beobachten: Kleinkinder (2;0 - 6;0 J.) bevorzugen eine bestimmte individuelle Musteranordnung, die sich aufgrund der Häufigkeit nach drei Gruppierungen unterscheiden lassen:

- weniger
 - Kreisform,
 - Eckformationen (r. Winkel)
- häufiger - horizontale Reihung.

Die Jüngsten (2;0 J.) verwendeten nur die horizontale Reihe; erst mit 2;6 Jahren treten daneben auch rechtwinklige Muster auf, und mit 3;0 Jahren alle drei Formen in der o.g. Rangfolge (weitere Angaben dazu vgl. BECKMANN, 1924, 42 Tab. 13).

Die Beziehung zwischen der Mengenerfassung und der figuralen Anordnung der Elemente ($2 = n = 5$) erfor-
schte er in einem zweiten Schritt und stellte fest,
daß die Konfiguration der Objekte die Mengenerfassung
(vgl. Zahlaktrealisierung) kaum beeinflußt, zumindest

nicht bei diesem Mengenumfang; lediglich bei der horizontalen Reihe kam es zu Fehlern - bezogen auf die Mengen $3 \leq n \leq 5$ (vgl. op.cit., 1924, 44-45). Die Befunde sind vermutlich auf das Vorgehen zurückzuführen, die eine weitergehende Differenzierung nicht zulassen, wie es in späteren Arbeiten durch die kombinierte Analyse von Genauigkeitsquote und Reaktionszeiten möglich wurde.

Entsprechende Befunde - gerade aus Untersuchungen mit Erwachsenen - weisen auf einen speziellen Einfluß der figuralen Güte einer Mengenanordnung hin, wie z.B. auf den besonderen Schwierigkeitsgrad der horizontalen Reihung (vgl. u.a. SIMONS und LANGHEINRICH, 1982).

POTTER und LEVY (1968) untersuchten das Zählen an 58 Kindern im Alter von 2;7 - 4;3 Jahren in Verbindung mit dem Einfluß von figuralen Aspekten. Sie stellen heraus:

- die Fehlerrate - selbst beim Zählen - steigt mit zunehmendem Mengenumfang ($3 \leq n \leq 9$);
- die Anordnung der Elemente ist bis $n = 4$ für das Zählen unbedeutend;
- ab $n = 5$ ist eine eindimensionale Anordnung leichter als eine zweidimensionale, d.h., eine horizontale Reihe ist leichter zu zählen als die Anordnung in Kreis oder Quadrat; letztlich ab $n \geq 6$ ist innerhalb einer zweidimensionalen Anordnung das Zufallsmuster leichter zu bearbeiten als geordnete Elemente (vgl. zum Ganzen op.cit., 1968).

Während FREEMAN (1910) und BECKMANN (1924) für einen kleinen Mengenumfang das o.g. Moment untersuchten, forschten BECKWITH und RESTLE (1966) in Verbindung mit dem Zählen nach dem Variableneinfluß bei großen Bestimmungsmengen.

Dabei berufen sie sich auf ein unterschiedliches Zählkonzept:

1. sie nehmen an, daß das Zählen eine zusammen-
gesetzte Leistung ist, daß aber die wahre
und interessierende Struktur nicht gefunden
wird, wenn sie in Einzelelemente zerlegt
wird, sondern nur durch die Bestimmung, wie
die Teilfertigkeiten zusammenwirken;
2. wird von ihnen angenommen, daß die Wahrneh-
mung von kleinen Mengen eine von Erwachsenen
entwickelte Fähigkeit ist, eine Art Abkürzung
beim Zählen, eher als ein elementares menta-
les Ereignis (op.cit., 1966, 439).

BECKWITH et al. stehen damit noch in der theoretischen
Tradition von PIAGET et al., GAST, WOHLWILL und teil-
weise von SCHAEFFER et al., aber eher im Gegensatz zu
den Überlegungen von GELMAN und GALLISTEL (1978).

Doch nun zur Untersuchung: Am Reaktionszeit-Versuch
nahmen 18 Kinder im Alter von 7;3 - 9;10 Jahren teil.
Ihnen legten die Autoren Punktmengen ($n = 12; 15; 16$
und 18) in vier verschiedenen Kostellationen vor:

- . horizontale Reihe,
- . Kreis,
- . Rechteck und
- . Zufallsmuster.

Aufgrund der Analyse von Reaktionszeit und Fehlerrate
ergibt sich folgende Rangfolge:

- | | |
|--------|--|
| schwer | - Zufallsanordnung, |
| | - Kreis, |
| | - horizontale Reihe, |
| leicht | - Rechteck (op.cit., 1966, 440 - 441). |

Zudem beobachten sie bei Kindern selbst bei kleineren
Mengen eine allgemeine Zähl tendenz ('pointing and
chanting'); ein Sofort erfassen und Addieren konnte
von den Autoren nicht festgestellt werden.

Fassen wir die Ergebnisse zur Variablen 'Konfiguration
der Elemente' oder 'figuralen Güte' zusammen:

1. die Stimulusanordnung beeinflusst deutlich die Mengenerfassung - dies gilt sowohl für die Rahmenanweisung 'Genauigkeit' wie 'Schnelligkeit';
2. die Stärke des Einflusses ist vom Mengenumfang abhängig; bei kleineren Mengen ist sie geringer, bei größeren ist er deutlicher festzustellen;
3. der Konfigurationseinfluß auf die Mengenerfassung ist bei Kindern wie bei Erwachsenen zu beobachten, und er geht mit zunehmendem Alter zurück;
4. eine allgemeine Rangfolge des Schwierigkeitsgrades unterschiedlicher Anordnungen läßt sich erstellen (vgl. dazu das Moment der 'figuralen Güte').

Zudem kann festgehalten werden, daß komplexere und/oder weniger bekannte Objektmuster schwieriger zusammenzufassen oder zu gruppieren sind - und somit auch schwerer verarbeitet werden können (vgl. dazu SCHAEFFER et al., 1974, 368 und POTTER et al., 1968).

2.4.4. ALLGEMEINE GRENZWERTBESTIMMUNG BEI KINDERN

Im Rahmen der statistischen Analyse werden in der Hauptsache nach entsprechender Datenerhebung drei Modi bevorzugt:

- . die Fehleranalyse nach Unter- und Überschätzung pro Mengenumfang;
- . die Genauigkeitsquote im Vergleich zu allen Versuchen (50 und 100 % Niveau);
- . Reaktionszeitanalyse in Relation zur jeweiligen Punktmenge aller richtigen Lösungen (100 %).

Eine Analyse der o.g. Parameter in Verbindung mit Introspektion oder der eigenen Sicherheit im Mengenurteil (vgl. 'confidence'-Einschätzung in den Studien mit Erwachsenen) wurde bei Kindern bisher nicht vorgenommen.

- Zur Fehleranalyse

Lediglich FREEMAN (1910) nahm eine differenzierte Fehleranalyse nach verschiedenen Kriterien vor; von Bedeutung ist besonders der Vergleich von Unter- und Überschätzung der tatsächlichen Mengen; Aussagen bezogen auf einzelne Punktmengen sind nicht möglich, da die Daten nicht unter diesem Gesichtspunkt aufgeschlüsselt sind; der Autor faßte die Daten pro Versuchsperson über alle Punktmengen zusammen und differenzierte nach den o.g. Konfigurationsserien (vgl. op.cit., 1910, 104 Tab. 4 und 158-159 Tab. 18). Danach ergibt sich folgender Befund (zum Serienaufbau vgl. Tab. 16 S. 85):

- . Kinder unterschätzen vorgelegte Mengen mit unterschiedlicher Anordnung eher (Unterschätzung bei den Serien 3-5 und 8-11; Überschätzung in den Serien 2, 6, 7 und U/r);
- . Erwachsene tendieren durchweg zur Überschätzung in allen bearbeiteten Serien (1-6 und U/r);
- . überschätzt werden von Kindern besonders die Mengen in horizontaler Reihe gruppiert zu je drei Punkten, in vertikaler Anordnung gruppiert zu je drei Punkten, in allgemeiner vertikaler Linie und in kreisförmigen Mustern (vgl. op.cit., 1910, 160-161).

In der weiteren Literatur finden sich keine Angaben zur Fehleranalyse bei Kindern im fraglichen Alter.

- Allgemeine Grenzwertbestimmung bei Kindern

Die Kriteriumswerte und Vergleichsmomente, die mitunter für die Grenzwertbestimmung benutzt wurden, sind sehr vielfältig; wir wollen uns auf die Ergebnisse in Verbindung mit der o.g. Differenzierung befassen, um so auch ein vertretbares Vergleichsmoment zu gewährleisten. Wir beziehen nur allgemeine Ergebnisse ein, während die entwicklungspsychologisch relevanten Befunde gesondert betrachtet werden sollen.

In der Übersicht von Tabelle 17 finden sich die allgemeinpsychologischen Befunde der Grenzwertbestimmung:

Tab. 17: Befunde der Grenzwertbestimmung bei Kindern
- Kriterium: Genauigkeitsquote

AUTOREN/JAHR STIMULUSUMFANG	ALTERS- GRUPPE	GENAUIGKEIT bei n=			MATERIAL
		50%	100%	k.A.	
FREEMAN, 1910 n= 1 - 12	6;0 - 13;0	1-4 (5)	1-4		Punkte
FILBIG, 1923 n= 1 - 11	3;9 - 5;10			1-3	Punkte
BECKMANN, 1924 n= 2 - 6	4;0 - 6;0	1-3 (4)			Punkte in Würfelform
DOUGLASS, 1925 n= 1 - 9	4;6 - 6;0	1-3 (4)	1-2		Punkte Zufallsmust.
POTTER et al. 1968 n= 3 - 9	2;7 - 4;3	3-6 (pointing)	homo- ein- u. zweidimen.		
SCHAEFFER et al. 1974 n= 1 - 10	2;0 - 5;11	1-4			Musterer- kennung
GELMAN et al. 1975	3;0 - 5;8	1-4			Punkte

Abkürzungen: Altersangaben in Jahr und Monaten;

k.A. = es liegen keine näheren Angaben vor;

Punkte = Punkte in horizontaler Reihe

.....

Ihr ist zu entnehmen, daß die meisten Autoren eine Quote von 50 % richtiger Lösungen zugrunde legen: danach beträgt das Maximum in der visuellen Mengenerfassung als simultane Verarbeitungsform (Sofort erfassen) bei Kindern im Alter von 2;0 - 13;0 Jahren $n_{\max} = 3 (4)$; es ist derselbe Grenzwert, der auch für die Sofort erfassung bei Erwachsenen experimentell nachgewiesen wurde; ein Differenzierungsmoment könnte somit nur noch in der Verarbeitungszeit liegen.

Die Beantwortung ist mit den Ergebnissen aus den Reaktionszeitversuchen möglich. Sie sind in der folgenden Tabelle 18 zusammengestellt.

Tab. 18: Befunde der Grenzwertbestimmung bei Kindern
- Kriterium: Reaktionszeit

AUTOREN/JAHR		STIMULUS- UMFANG	ANALYSE- UMFANG	INTERCEPT (msec.)	SLOPE (msec./Pkt.)
CHI u. KLAHR, 1975	E:	1-10	1-3	495	46
			1-4		
	K:	1-8	4-10	-442	307
(5;0 - 6;5 J.)	K:	1-8	1-3	744	195
			4-7	-1773	1049
SVENSON et al, 1978	K:	1-9	1-3	670	110
			5-7	-2530	1030

Abkürzungen: E = Erwachsene; K = Kinder;

Übereinstimmend stellen CHI und KLAHR (1975) und SVENSON und SJÖBERG (1978) heraus: die visuelle Mengenerfassung bei Kindern gliedert sich - ähnlich wie bei Erwachsenen - in zwei verschiedene Verarbeitungsprozesse:

1. ein schnelles Erfassen kleinerer Mengen ($1 \leq n \leq 3$ (4) und
2. ein langsames Verarbeiten (= Zählen) für größere Mengen ab $n \geq 4$) 5-7;
3. die Diskontinuität im linearen Trend der Reaktionszeit tritt bei $n = 4$ auf; es ist nicht eindeutig zu klären, wie diese Menge vorrangig verarbeitet wird: vermutlich wird sie mal sofort erfaßt und mal gezählt werden.

2.4.5. ENTWICKLUNGSPSYCHOLOGISCHE BEFUNDE DER VISUELLEN MENGENERFASSUNG BEI KINDERN

In den entwicklungspsychologisch orientierten Arbeiten unterscheiden wir zwei Hauptgruppen:

1. Gruppe: in ihr findet sich eine altersgruppenbezogene Differenzierung im Kindesalter, um so entwicklungsspezifische Fragen beantworten zu können;

2. Gruppe: in ihr handelt es sich um den Vergleich der Leistungen von Kindern und Erwachsenen (extreme Altersgruppen), wodurch auch Entwicklungsmomente erkannt wurden.

Die erste Gruppe ist originär entwicklungspsychologisch orientiert; zur ihr gehören folgende Autoren (vgl. Tab. 19):

Tab. 19: Autoren mit entwicklungspsychologischer Fragestellung

AUTOR/JAHR (1.)	ALTERSGRUPPEN
FREEMAN, 1910	8;0 - 10;0 u. 12;0 - 13;0 J.
FILBIG, 1923	3;9 - 4;2 - 5;0 - 5;5 - 5;10
BECKMANN, 1924	2;0 - 5;6 J.; 0;6 J./Altersstufe
DOUGLASS, 1925	4;6 - 5;6 u. 6;0 J. u. mehr
SCHAEFFER et al., 1966	3;8 J. 3;5 - 4;2 - 5;6 J.
GELMAN, 1972	3;0 - 6;0 J.
GELMAN et al., 1975	3;0 - 4;0 - 5;0 J.

AUTOR/Jahr (2)	ALTERSGRUPPEN
FREEMAN, 1910	6;0 - 14;0 J. u. Erw.
BECKWITH et al., 1966	7;3 - 9;10 J. u. Stud.
CHI und KLAHR, 1975	5;0 - 6;5 J.u. Stud.

Eine Sonderstellung nimmt die Studie von STARKEY et al. (1980) ein: sie widmeten sich der Erforschung der Diskriminationsfähigkeit von Säuglingen im Alter von 16 - 30 Wochen bei Mengen von $n = 2$ und 3 und $n = 4$ und 6 .

- Qualitative Aussagen zur visuellen Mengenerfassung bei Kleinkindern

Ein interessantes Ergebnis fanden STARKEY et al. (1980): sie untersuchten die Diskriminationsfähigkeit von kleinen Mengen bei Säuglingen mittels einer Gewohnheits- und Ungewohnheitsreaktion; es stellte sich eine entsprechend veränderte Reaktion der Ungewohntheit

bei den Mengen $n = 2$ und 3 , nicht aber bei $n = 4$ und 6 ein; derselbe Effekt konnte bei gleicher Länge und Dichte, nicht aber bei ungleicher Anzahl beobachtet werden. Sie kommen zu folgenden Feststellungen:

- . der Ungewohnheitseffekt stellt sich nur bei kleinen, nicht aber bei großen Mengen ein;
- . ein sogenanntes Soforerfassen ist bei Säuglingen anzunehmen, wenn man die Reaktionsschnelligkeit beim o.g. Mengenumfang und die Unfähigkeit des Zählens bei Säuglingen berücksichtigt;
- . des weiteren nehmen die Autoren an, daß die Prozesse des Soforerfassens und des Zählens mit zunehmenden Alter wechseln können (op.cit., 1980, 1034).

Der Umgang mit Mengen und Zahlen wird von BECKMANN (1924) in verschiedene Teilleistungen - sogenannte Zahlakte oder Zahlbetätigungsakte - aufgeteilt. Gemäß seiner Befunde werden die einzelnen Zahlakte pro Altersstufe unterschiedlich oft verwendet; er schlüsselt die Zunahme der Leistungen pro Altersstufe auf (vgl. op.cit., 1924, 22 Tab. 4); die Betätigungsakte verteilen sich unterschiedlich (op.cit., 1924, 23 Tab. 5): d.h., die jüngsten Kinder (2;0 J.) verfügen nur über die ersten beiden Zahlakte, die nächstältere Gruppe (2;6 J.) realisiert schon alle vier, allerdings unterschiedlich häufig; bis zu 5;0 Jahren schreitet die Entwicklung fort, und ab 5;6 Jahren sind die Zahlbetätigungsakte ungefähr gleichverteilt (ca. 25 % pro Betätigungsakt).

Der Transfer der Zahlengramme oder -akte von bekannten zu fremden Objekten etc. ist abhängig vom Grad der Sicherheit in der primären Handhabung; diese Aus-

sage impliziert, daß die Übertragung somit auch wieder altersabhängig ist.

- Der Einfluß der Darbietungszeit auf die visuelle Mengenerfassung

Dieses Moment haben besonders GELMAN et al. (1975) an 3 - 5-Jährigen untersucht. Aus ihrer Studie wurde deutlich:

- . die Darbietungszeit beeinflusst in allen drei Altersgruppen die Mengenerfassung;
- . je kürzer die Darbietungszeit ist, desto höher ist die Fehlerquote; 3-Jährige machen im Vergleich zu den 4-Jährigen und diese wiederum im Vergleich zu den 5-Jährigen mehr Fehler;
- . je länger die Darbietungszeit, desto sicherer und genauer sind die Mengenurteile;
- . längere Darbietungszeiten begünstigen allgemein das Zählen, während kürzere es verringern;
- . zudem ist die Zähl tendenz umso stärker, je jünger die Versuchspersonen sind, d.h., 3-Jährige zählen offensichtlicher und durchweg mehr als die 4- und 5-Jährigen (vgl. zum Ganzen op. cit., 1975, 170-171).

- Die Bedeutung homogener und heterogener Stimuli für die visuelle Mengenerfassung

Implizit findet sich bei BECKMANN (1924) die Aussage, daß die Stimulusqualität nur untergeordnet einen Einfluß auf die Mengenerfassung und -verarbeitung ausübt: sofern die Zahlakte - einzelne oder alle - sicher beherrscht werden, hat die Stimulusqualität keinen bedeutsamen Einfluß (vgl. Transferleistung s. o.). Da sich über die Altersstufen der sichere Umgang mit den Zahlakten entwickelt, hat die Stimulusqualität ent-

wicklungspsychologisch gesehen doch einen nicht zu vernachlässigenden Einfluß auf die Zahlbetätigung. GAST (1957) verdeutlicht dies mit seinem Drei-Stufen-Modell zur Entwicklung der Zahlbetätigung im Vorschulalter; je jünger die Kinder (3 - 4 J.) sind, desto mehr beeinflußt die Objektqualität die Mengenerfassung und die Zahlbetätigung; mit zunehmendem Alter (bis 6;6 J.) verliert diese Variable an Bedeutung (GAST, 1957, 38).

Nach den Versuchen von GELMAN et al. (1975) hat die Heterogenität der Stimuli nur einen sehr geringen Einfluß und ist entwicklungspsychologisch nicht so relevant.

Die nicht signifikanten Ergebnisse von GELMAN et al. (1975) sind u.E. auf das geringe Variationsmaß zurückzuführen: sie benutzten künstliche Objekte in Form von roten und blauen Sternen und Kreisen; GAST (1957) hingegen bediente sich einer großen Anzahl von Kinderspielzeugen.

- Figurale Aspekte und deren Bedeutung für die visuelle Mengenerfassung

Bei relativ geringem Mengenumfang untersuchten FREEMAN (1910) und BECKMANN (1924) diesen Variableneffekt (s.o.).

In der Analyse und Auswertung bildete FREEMAN zwei Altersgruppen (8 - 10 und 12 - 13 Jahre) und kam zu folgenden Ergebnissen (vgl. Tab. 16, S. 89): neben dem Schwierigkeitsgrad der Mengenanordnungen, der für beide Altersgruppen annähernd gleich ist, zeigen sich bei einigen Konfigurationen deutliche Unterschiede:

- . Differenzen von 1 bis zu 7 Punkten treten bei einer Reihe von Konfigurationen auf (Quadrat, Punkte in einer horizontalen Doppelreihe, Fünfermuster des Würfels und Kreisform);

- . das heißt ferner: je jünger die Kinder, desto bedeutsamer ist die Musteranordnung der Objekte für die Mengenerfassung; besonders schwer scheint die kreisförmige Anordnung für jüngere Kinder zu sein;
- . mit zunehmendem Alter geht der Konfigurations- einfluß zurück, auch wenn er weiterhin bedeut- sam bleibt, wie die Differenzen innerhalb der Altersgruppe 12 - 13 Jahre beweisen.

BECKMANN (1924) beobachtet dagegen nur einen minimalen Einfluß der Mengenanordnung auf die Soforterkennung, was allerdings bei einem so geringen Mengenumfang ($n = 2-5$) und der groben Meßmethodik nicht besonders verwundert (op.cit., 1924, 44-45).

Für relativ große Mengen ($n = 12; 15; 16$ und 18) un- tersuchten in einem Extremgruppenvergleich BECKWITH et al. (1966) den Zusammenhang von Konfiguration und Mengenerfassung in verschiedenen Altersgruppen.

Ihren Angaben ist zu entnehmen:

- . Kinder tendieren weitgehend zum offensicht- lichen Zählen (mit 'pointing'), während Stu- denten höchstens leise zählen;
- . Kinder benötigen wesentlich mehr Zeit zur Er- fassung als die Studenten;
- . bezogen auf das Kriterium 'figurale Anordnung' gibt es für die beiden Vergleichsgruppen dif- ferierende Rangfolgen je nach Schwierigkeits- grad:

Schwierigkeit	Kinder	Studenten
schwer	Zufallsmuster	Kreis
	Kreis	hor. Reihe
	hor. Reihe	Zufallsmuster
leicht	Rechteck/ Quadrat	Rechteck/ Quadrat

- . insgesamt machen Kinder mehr Fehler als Studen- ten; d.h., mit zunehmendem Alter verringert sich auch der Fehleranteil (op.cit., 1966, 440-441).

Diese Erkenntnisse wurden bei der Untersuchung des Zählprozesses an größeren Mengen gewonnen - und sind somit nur bedingt auf unsere Fragestellung der simultanen Erfassung von Mengen übertragbar.

- Quantitative Ergebnisse zur visuellen Mengenerfassung unter entwicklungspsychologischen Aspekten

Bezüglich der Angaben zur Fehleranalyse verweisen wir in erster Linie auf die Befunde von FREEMAN (1910): danach tendieren Kinder allgemein mehr zur Unterschätzung, während Erwachsene durchweg zur Überschätzung neigen.

Von Kindern werden vor allem Mengen in horizontaler Reihe und in vertikaler Anordnung - gruppiert zu je drei Punkten - und in Kreisform überschätzt (op.cit., 1910, 160-161).

Entwicklungspsychologisch relevant sind weiterhin die Befunde einer allgemeinen Grenzwertbestimmung für verschiedene Altersgruppen im Kindesalter; eine entsprechende Übersicht findet sich in Tabelle 20.

Tab. 20: Befunde der Grenzwertbestimmung - differenziert nach Altersgruppen

AUTOREN/JAHR STIMULUSUMFANG	ALTERS- GRUPPEN	GENAUIGKEIT bei n =			MATERIAL
		50%	100%	k.A.	
FREEMAN, 1910 n = 2 - 5	3;0 J. 4;0 5;0	1-3 (5) 1-4 (5) 1-5			Punkte
DESCOEUDRES, 1914-21 n = ./.	3;0 4;0			1-2 1-3	./.
zit. n. GAST, 1957,5;	5;0			1-4	
FILBIG, 1923 n = 1 - 11	3;9 4;2 5;0 5;5 5;10			./. ./. 2 2 2-3/3-4	Punkte
FILBIG, zit. nach GAST, 1957,5	3;9 4;2 5;10			2 3 4	
BECKMANN, 1924, 28; n = 2 - 6	4;0 4;6 5;0 5;6 6;0	1-2 1-3 1-3 1-3 (4) 1-6			Punkte in Würfelmuster
DOUGLASS, 1925 n = 1 - 9	4;6-5;6 6;0	1-3 1-4	1-2 1-2		Punkte u. *
SCHAEFFER et al. 1974	3;8 ($\bar{x}$) 3;5 4;2 5;6	1-4 1-3 1-4 1-4	1-3 1-3 1-4 1-4		Musterer- kennung

Abkürzungen: k.A. = es liegen keine näheren Angaben vor;

* = und Zufallsmengen von Murneln wurden verwendet;

Bei allen Autoren ist ein Zuwachs der simultan fehlerfrei erfaßten Mengen mit zunehmendem Alter zu beobachten; es gibt allerdings Differenzen zwischen den Maximalmengen pro Altersgruppe; so verfügen die 4-Jährigen bei FREEMAN (1910) über einen Mengenumfang von $n = 1-4$ (5), während BECKMANN (1924), DOUGLASS (1925) und DESCOEUDRES (1914-21) nur ein $n = 1 - 3$ und FILBIG (1957) höchstens einem Maximalumfang von $n = 1 - 2$ feststellen. Diese Differenzen können auch auf methodischen Einflüssen beruhen. Zusammengefaßt kann man feststellen:

- . je älter die Kinder, desto größer wird der verfügbare Mengenumfang, der simultan korrekt verarbeitet wird;
- . der Zuwachs findet in dem Bereich von $n = 1 - 2$ und $n = 1 - 4$ (5) statt;
- . mit ca. 5 - 6 Jahren haben die Kinder in der simultanen Mengenerfassung den Stand der Erwachsenen erreicht, der in der Sofortfassung korrekt verarbeitet werden kann.

Zuletzt sind noch die Befunde aus der kombinierten Analyse von steigender Punktmenge (bei 100 % Genauigkeit) und benötigter Reaktionszeit (RZ) zu bewerten. Eine differenzierte Analyse über die Altersgruppen von Kindern liegt bisher noch nicht vor. Wir können uns lediglich auf die Ergebnisse von CHI und KLAHR (1975) und SVENSON et al. (1978) berufen, die in der Tabelle 18 (S. 87) zusammengefaßt sind. Daraus entnehmen wir folgende Aussagen:

- . aufgrund dieser Auswertungsform lassen sich zwei Verarbeitungsprozesse in der visuellen Mengenerfassung unterscheiden:

- 'Sofort erfassen' für kleinere Mengen ($n = 1-3$)
und
- Zählen für größere Mengen ($n = 4-7$);
- . diese Verarbeitungsformen lassen sich gleichermaßen bei Kindern und Erwachsenen nachweisen;
- . Kinder - gerade die jüngeren - verwenden allerdings für die Verarbeitung kleinere Mengen 2 - 3 mal soviel Zeit wie Erwachsene;
- . bei größeren Mengen ist das Verhältnis noch ungünstiger: Kinder brauchen dafür etwa 3 - 4 mal so lange wie Erwachsene, d.h. Kinder sind bei den gleichen zugrundeliegenden Verarbeitungsprozessen wesentlich langsamer als Erwachsene.

CHI (1977) suchte nach Prozessen, die so großen Reaktionszeitdifferenzen zwischen Erwachsenen und Kindern bei gleicher Aufgabenstellung zugrundeliegen. In drei Experimenten fand sie heraus, daß nicht strukturelle Bedingungen dazu beitragen, sondern daß Kinder wesentlich länger zum Benennen (verschlüsseln) der erfaßten Menge benötigen. Erkennen und Benennen - so folgert sie an - sind zwei unabhängige Prozesse, deren schnelle und kombinierte Anwendung für Kinder schwieriger als für Erwachsene ist; das bedingt u.a. die längeren Reaktionszeiten (op.cit., 1977, 280)

Der Einfluß und die Bedeutung von Musterkonfigurationen auf die Mengenerfassung und Verarbeitungsdauer kann anhand der vorliegenden Daten nicht angemessen interpretiert werden.

2.4.6. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE BEI KINDERN

Ohne näheren Bezug auf die einzelnen Forschungsberichte fassen wir die Befunde über die Experimente zur visuellen Mengenerfassung mit Kindern zusammen; dabei ist die generelle Aussagetendenz entwicklungspsychologisch evident; erst eine differenzierte Einzelanalyse zu den genannten Variablen gibt die gesuchten Entwicklungsdaten wieder, die die Ontogenese genauer verstehen lassen.

Wir stellen nach den o.g. Ausführungen fest:
mit zunehmendem Alter:

- . verringert sich der Fehleranteil bis auf eine altersunabhängige Durchschnittsquote; sie tritt selbst bei Erwachsenen auf;
- . vollzieht sich innerhalb der Fehleranteile ein Wechsel von einer stärkeren Unterschätzung zu einer größeren Überschätzung selbst bei kleineren Mengen ($n \leq 10$);
- . werden die vier Zahlbetätigungsakte sicherer und schneller gehandhabt und auf andere Objektmengen problemlos übertragen;
- . geht die Zähl tendenz - wie sie selbst bei kleinen Mengen zu beobachten war - stark zurück, und das Sofort erfassen nimmt zu;
- . verlieren an Bedeutung und Einfluß:
 - die Darbietungszeit,
 - die Stimulusqualität (homo- und heterogene) und
 - die Musteranordnung bis auf ein Minimalniveau, wie es bei Erwachsenen im Zusammenhang mit der 'figuralen Güte' nachgewiesen wurde;
- . nimmt der Umfang der sofort erfassen Mengen zu (bis $n = 4$ (5); vgl. dazu den 'subitizing-range' bei Erwachsenen);

- . wird unter Bezug auf die Reaktionsanalyse deutlich, daß die Verarbeitungszeit pro Mengenumfang erheblich abnimmt:
für das Sofort erfassen um ca. die Hälfte und
für das Zählen um zwei Drittel bis zu drei
Viertel der ursprünglichen Zeiten von Kindern.

Es bleibt abzuwarten, welche Befunde sich unter Rücksicht auf unsere Fragestellung und spezielle Durchführung nachweisen lassen, und welche entwicklungspsychologisch relevanten Erkenntnisse wir für Kinder im Alter von 3 - 6 Jahren in Erfahrung bringen.

3. ABLEITUNG DER EIGENEN FRAGESTELLUNG

Die bisherigen Untersuchungen mit Kindern haben zwei-
erlei Erkenntnisse gebracht:

- so jung die Kinder auch waren, die Unterscheidung von Mengen mit 2 und 3 Elementen gelingt immer, d.h., sie werden unabhängig von der Methode fehlerlos erfaßt bzw. unterschieden (vgl. CHI und KLAHR, 1975; GELMAN und GALLISTEL, 1978; STARKEY und COOPER, 1980);
- sofern das Reaktionszeit-Paradigma bei Kindern bis zu 5 Jahren angewendet wurde (vgl. CHI und KLAHR, 1975; SVENSON und SJÖBERG, 1978) wurde - wenn auch mit längeren Reaktionszeiten - im Prinzip das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR (1973a) bestätigt:
 - a) bei Mengen mit 1-3 bzw. 4 Elementen treten kaum oder keine Fehler auf;
 - b) es besteht ein unterschiedlicher Anstieg der Reaktionszeiten bei den Mengen $n = 1-3$ und $n = 4$ (vgl. Diskontinuität bei $n = 4$).

Da Kleinkinder auch jünger als 5 Jahre Mengen von geringem Umfang problemlos erfassen und unterscheiden können, liegt es nahe, auch auf sie das Reaktionszeit-Paradigma anzuwenden, um die Gültigkeit von KLAHR's Modell für diese Altersgruppe zu überprüfen und gegebenenfalls zu erweitern.

Gegen die Anwendung der Reaktionszeitmethode bei Kleinkindern spricht eine häufig gemachte Beobachtung: sie zählen - je jünger, umso ausgeprägter - auch dann lieber ab, wenn es eigentlich nicht erforderlich ist, also auch bei kleinen Mengen ($n = 2$ oder 3) (vgl. BECKMANN, 1924; SCHAEFFER et al., 1974; GELMAN und TUCKER, 1975, 170 u. 173; GELMAN und GALLISTEL, 1978 und MANDLER und SHEBO, 1982).

Auf folgende Weise wurde versucht, das Abzählen zu umgehen:

- einmal durch eine begrenzte Darbietung der Objekte (sie entspricht einer Vorgabe per Tachistoskop): GELMAN und TUCKER (1975, 168 u. 171) legten Kindern im Alter von 3 - 5 Jahren Punktmengen mit 2-5 Elementen begrenzt vor (1 und 5 sec. und 1 min.): sie stellten fest; Kinder zählen - offen oder verdeckt - umso häufiger, je länger die Vorlagen sichtbar sind; diese Tendenz ist bei gegebenem Mengenumfang für die jüngeren stärker als für die älteren;
- zum zweiten durch die Kombination von begrenzter Darbietung der Objekte und der Reaktionszeitmessung: MANDLER und SHEBO (1982, 6-8) gingen so bei Erwachsenen vor und beobachteten ebenfalls eine Verstärkung der Zähl tendenz mit zunehmender Darbietungsdauer (50, 100, 200, 400 und 800 msec.), besonders für größere Mengen bei 800 msec.

In dieser Untersuchung soll das Abzählen durch sich bewegende Mengen verhindert bzw. erschwert werden. Wir vermuten zunächst, daß bei kleinen Mengen ($n = 1-3$) das Abzählen etwas mühsamer wird, wenn sich die Elemente - hier Metallkugeln als homogene Stimuli - innerhalb eines Feldes mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 cm/sec. bewegen.

So könnte es sein, daß eine bereits gezählte Kugel in der Zeit, in der die nächste erfaßt wird, ihre Lage bereits so verändert hat, daß nicht mehr klar ist, ob sie schon gezählt wurde.

Die Bewegung ist von daher zunächst einmal ein methodischer Trick, damit Kinder das Abzählen unterlassen und auf die schnellere Mengenerfassung (= Subitizing) übergehen - vorausgesetzt, es gibt sie bei kleinen Mengen.

Geht man davon aus, daß Kinder in normalen Reaktions-

zeit-Versuchen auch bei kleinen Mengen abzählen, dann muß man annehmen, daß die so viel längere Reaktionszeiten von Kindern gegenüber Erwachsenen nicht nur auf Kosten der Benennung (vgl. CHI, 1977), sondern auch auf unnötiges Abzählen zurückgehen.

Die vorliegende Untersuchung beabsichtigt also zweierlei:

- die Anwendung des Reaktionszeit-Paradigmas auf jüngere Kinder; eine Überschneidung mit den Altersgruppen von CHI und KLAHR (1975) ist beabsichtigt, um die Ergebnisse miteinander vergleichen und überprüfen zu können;
- die Einführung der Bedingung 'Bewegung der Elemente', die das Abzählen erschweren bzw. verhindern soll.

Es liegt nahe, die Bedeutung/den Einfluß dieses methodischen Vorgehens im Vergleich zu untersuchen, d.h., die Reaktionszeiten für bewegte und ruhende Punktmengen zu vergleichen.

Dieser Vergleich hat allerdings seine Tücken, die näher diskutiert werden sollen. Dabei soll deutlich werden, daß man diese auch umgehen/ausklammern kann.

1. Sich bewegende Punktmengen erzeugen mehr Variationen als durch eine variierte Darstellung ruhender zu erreichen ist. Bewegte Punktmengen sind also zufälliger. Deshalb wäre ein Vergleich zwischen den ruhenden und bewegten Punktmustern nicht direkt zulässig. Dies ist für Mengen ab 4 Elemente zu bejahen.

Bei kleinen Mengen ($n = 1-3$) dominieren figurale Aspekte: für 1 oder 2 Elemente macht es kaum einen Unterschied, ob sie ruhend oder bewegt vorgelegt werden; 1 Element ist als Einheit sofort zu erken-

nen, auch wenn es sich innerhalb eines gegebenen Feldes bewegt; 2 Elemente bilden figural immer eine Linie - mal kürzer, mal länger - bei verschiedener Lage im Feld; die Elemente sind als die beiden Endpunkte dieser gedachten Linie immer gegeben und schnell zu erfassen.

Bei 3 Elementen entsteht fast immer ein dreieck-artiges Gebilde, ganz selten eine Gerade; wie immer man 3 Elemente darbietet, es entstehen immer figurale Beziehungen und somit keine Zufallsmuster.

Zudem kann bei 3 Elementen nicht sehr viel variiert werden; diese Menge wird (fast) immer fehlerfrei erfaßt (vgl. CHI und KLAHR, 1975; STARKEY und COOPER, 1978; SIMONS, 1981).

Von daher würde man annehmen, daß das Erfassen bewegter Mengen erst bei größerem Umfang (ab 4 Elementen) besonders erschwert ist, zumal diese meistens abgezählt werden; es stellt sich die Frage, wie die Veränderung der Vorgabe sich auf die Reaktionszeiten auswirkt?

2. Der Blickwinkel ist für beide Vorgabeformen - ruhend und bewegt - nicht konstant. Das trifft zweifellos zu und ist auf dem Hintergrund der Ergebnisse von KLAHR (1973) und ATKINSON et al. (1976, 330-331) zu diskutieren. ATKINSON (op.cit.) benutzte Vorlagen mit unterschiedlichem Blickwinkel (2° - 11°) und stellte ein (fast) fehlerfreies Erfassen bis zu 7 Elementen bei kleinem (2° - 5°), aber nur bis zu 4 Punkten bei größerem Blickwinkel (8° - 11°) fest.

Im Rahmen der Reaktionszeitanalyse kommen beide Autoren zum gleichen Befund: bei kleinem Blickwinkel (Innen-Bedingung bei KLAHR) ist der Anstieg der Reaktionszeiten deutlich geringer als bei großem (Außen-Bedingung).

Bei bewegten Kugeln verändert sich der Blickwinkel von Sekunde zu Sekunde, er wechselt ständig von sehr eng bis sehr weit und umgekehrt; das Erfassen ist dann schwerer, wenn die Kugeln momentan sehr weit auseinanderliegen, und umso leichter, je enger sie zusammenlaufen.

Bei der Anzahl der Versuche pro Punktmenge (ca. 8 - 10 Stück ab 4 Elementen) kann man allerdings davon ausgehen, daß sich die dadurch bedingten Unterschiede ausgleichen. Somit wäre dieser Einwand bei bewegten Elementen zu vernachlässigen.

3. Die Auswirkung bewegter Zufallsmuster auf die Blickbewegungen ist schlecht zu beurteilen. Blickbewegungen sind abhängig u.a. von der Anzahl der Elemente, ihrer Geschwindigkeit und der Häufigkeit ihres Richtungswechsels; letzterer ist beeinflusst durch das Schwanken der Unterlage, das gegenseitige Anstoßen der Kugeln und durch das Aufprallen der Kugeln am Feldrand; wenn eine von fünf Kugeln mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ca. 10 cm/sec. ihre Richtung 1-2 Mal in der Sekunde ändert, dann ist es unter diesen Bedingungen besonders schwer, nur auf einen Punkt zu sehen; d.h., besonders bei jüngeren Kindern würde das Verfolgen einzelner Punkte automatisch erfolgen, wie es in Vorversuchen tatsächlich beobachtet werden konnte.

Bei der ständigen Veränderung der bewegten Punktmenge würde das Erfassen ziemlich erschwert, was wiederum zu erheblich längeren Reaktionszeiten führen würde.

Bei KLAHR (1973) - er arbeitete mit einer Blickbewegungskamera - zeigte sich zweierlei:

- bei Blickbewegungen werden die Reaktionszeiten länger; dieses Ergebnis ist selbstverständlich, da

Blickbewegungen immer Zeit (50 - 100 msec.) kosten; und was wichtiger ist:

- bei denselben Punktmustern zeigt die eine Versuchsperson mehr Blickbewegungen als die andere, d.h., bei gegebenen Mustern wird unterschiedlich mit Blickbewegungen reagiert; dies trifft bei Mustern mit größerem Blickwinkel entsprechend häufiger zu.

Nach all dem ist klar: wenn die Reaktionszeiten für ruhende und bewegte Mengen verglichen werden, dann sollten die Reaktionszeiten für bewegte länger werden; sollten keine Unterschiede zwischen den Zeiten festzustellen sein, dann ist dieses Ergebnis nicht allein mit dem Einfluß der Methode zu erklären, sondern andere Faktoren müssen zusätzlich beteiligt sein.

Bei größerem Blickwinkel - bedingt durch die Größe, Anordnung und Distanz der Kugeln - treten während der Erfassung allgemein mehr Blickbewegungen (Sakkaden) auf, da immer nur die Objekte innerhalb eines Blickwinkels von $3 - 4^{\circ}$ fixiert und erfaßt werden können. Davon peripher angeordnete Objekte müssen erneut fixiert und nach und nach erfaßt werden, was zur verlängerten Reaktionszeiten führt, zumal während einer Sakkade (Dauer ca. 50 - 100 msec.) kaum oder keine Informationen verarbeitet werden.

Andererseits ist für die Bedingung 'sich bewegende Kugeln' zu berücksichtigen, daß das periphere Sehen - also außerhalb der $3 - 4^{\circ}$ der Fovea centralis - bei sich bewegenden Objekten leichter möglich ist; das kann für unsere Fragestellung bedeuten, daß bei gegebener Punktmenge und bewegter Vorgabe weniger Blickbewegungen auftreten, um diese Mengen zu erfassen; wenn das zutrifft, müßte es einerseits während der Versuche beobachtbar sein, andererseits müßten die Reaktionszeiten für bewegte Mengen gegenüber den ruhenden kürzer sein, oder genauer: die erwartete Reaktionszeit-

differenz für die beiden Bedingungen würde geringer als bisher angenommen ausfallen (vgl. dazu SCHÖBER, 1974, 354-359).

Bei kleineren Mengen ($n = 1-3$) sollten die Reaktionszeiten für bewegte nicht wesentlich länger als für ruhende sein, sofern das Modell von KLAHR zutrifft und die anderen Ergebnisse bezüglich der Genauigkeit stimmen (bis $n = 3$ erfolgt ein fast fehlerfreies Erfassen der Punktmengen selbst bei jüngeren Kindern, auch wenn sie vielfach variiert werden).

Bei größeren Mengen ($n \geq 4$) sollten große Reaktionszeitunterschiede auftreten, d.h., die Reaktionszeiten für bewegte sind wesentlich länger als für ruhende Punktmengen; das ist dadurch bedingt, weil diese Mengen dieser Größenordnung abgezählt werden; so würde z.B. bei einer Menge von 5 Elementen nach dem Abzählen von 4 Elementen das erste Element (bei 3-4 Richtungswechseln) bereits ca. 23 cm zurückgelegt haben, und das vorletzte nicht mehr an seiner ursprünglichen Stelle sein; die bereits gezählten können - wenn überhaupt - nur ganz schwer identifiziert werden.

Deshalb ist anzunehmen, daß bewegte Punktmengen größeren Umfanges wesentlich langsamer erfaßt werden als ruhende; die Differenz zwischen den Vorgaben ist umso größer, je größer die vorgelegte Punktmenge ist.

Sollte kein Unterschied zwischen den Reaktionszeiten für ruhende und bewegte Mengen bestehen, dann ist anzunehmen, daß bei bewegter Vorgabe und gegebener Punktmenge mehr "Sofort erfassen" realisiert wird.

Nun gehen wir aber davon aus, daß die Reaktionszeiten bei ruhenden Punktmengen sozusagen nur Annäherungswerte an die wahren Reaktionszeit-Werte sind, da sie bei ruhender Vorgabe durch 'unnötiges' Abzählen (nur so erklärbar, da ein noch schnelleres Erfassen als Subitizing nicht möglich ist) und zu wenig 'Sofort erfassen'

der Kinder verfälscht, d.h., verlängert sind. Trotz der vermuteten längeren Reaktionszeiten für bewegte Punktmengen wird erwartet, daß diese nicht länger, sondern vielleicht sogar kürzer sind, weil sie nicht mehr durch Abzählen verfälscht sind. Diese Annahme bezieht sich mehr auf jüngere Kinder, die selbst bei kleinen Mengen vermehrt abzählen und auch nicht durch mehrfache Aufforderung davon abzubringen sind.

Da beide Darbietungsformen nicht unmittelbar vergleichbar sind (vgl. Variabilität der Punktmuster, Blickwinkel, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit der Kugeln sind nicht standardisierbar), sind die Hypothesen nicht genauer zu formulieren.

Wichtiger als die absoluten Reaktionszeiten, die für den Vergleich und die Validierung der Ergebnisse von CHI und KLAHR (1975) von Bedeutung sein können, sind die relativen Reaktionszeiten: sie dienen zum Nachweis unterschiedlicher Anstiege der Reaktionszeiten pro Vorgabe bzw. der Feststellung der Zäsur zwischen schnellerer und langsamerer Erfassung.

Somit stellen sich folgende Untersuchungsfragen:

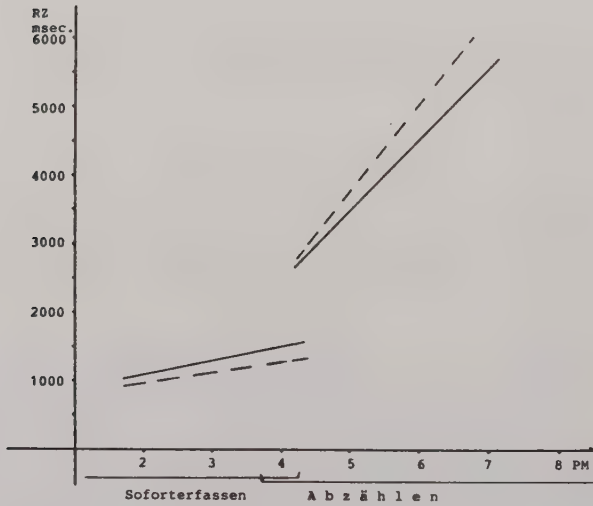
1. Trifft das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR in beiden Teilen (subitizing und counting) auch auf Kinder unter 5 Jahren zu?
2. Welche Auswirkungen hat die methodische Vorgabeänderung der Punktmengen auf die absoluten und relativen Reaktionszeiten?

Sofern das Modell von KLAHR auch auf jüngere Kinder zutrifft, stellen wir uns den Einfluß der veränderten Vorgabeform Punktmengen etwa so vor, wie es in Fig. 8 angedeutet ist.

Der Einfluß der veränderten Vorgabe macht sich vermutlich umso stärker bemerkbar, je jünger die Vpn sind.

Fig. 8: Erwarteter Einfluß der veränderten Mengenvorgabe auf die Reaktionszeiten unter Bezug auf das Modell von KLAHR (1973a)

Vorgabe - ruhend: ————— bewegt: - - - - -



4. OPERATIONALISIERUNG

Wir denken daran, in Einzelversuchen unter Anleitung genau definierte Punktmengen ruhend bzw. bewegt vorzulegen; die Versuchspersonen haben die Aufgabe, so schnell und so genau wie möglich die Anzahl der Objekte zu bestimmen und mitzuteilen (Identifikationsmethode). Die Mengenerfassung (AV) wird in diesem Zusammenhang nach Umfang, Genauigkeit, Modus und Dauer der Verarbeitung beobachtbare und meßbare Größe.

Sie wird beobachtbar nach:

- Umfang: die Versuchspersonen teilen die wahrgenommene Punktmenge verbal oder mit Fingern zeigen mit (= numerische Antwort);
- Verhalten: während der Bearbeitung kann der Versuchsleiter (VL) das nonverbale Verhalten der Versuchspersonen nach bestimmten Kriterien beobachten und einer Kategorie zuordnen; Kriterien, die auf eine sukzessive Verarbeitung schließen lassen, sind folgende:
 1. mit dem Finger auf das gerade zu verarbeitende Objekt zeigen ('pointing');
 2. den Finger als Zählhilfe benutzen, wie es oft bei Kindern beobachtet wird;
 3. rhythmisches Kopfnicken, rhythmische Lippenbewegungen oder mehrfache Augenbewegungen als Hinweise für leises Zählen.Es ist von Vorteil, daß dieses Begleitverhalten von Kindern spontan realisiert wird.

Meßbar wird die Mengenerfassung nach folgenden Aspekten:

- durch die numerischen Antworten (Genauigkeit: im Vergleich zwischen Realmenge und Antwort);
- mittels der Dauer der Verarbeitung: die Objektmengen werden unabhängig von der Vorgabe ruhend oder bewegt verdeckt vorbereitet und erst beim Start freigegeben (vgl. 'magic paradigm'); vom Start bis zur Antwort der Versuchspersonen wird die Bearbeitungszeit gemessen ('latency procedure' mit Reaktionszeitmessung).

Kombiniert verspricht dieses Vorgehen einen zuverlässigen Aufschluß darüber, wie, wie genau und wie schnell die Versuchspersonen die Objektmengen je nach Vorgabe (ruhend vs. bewegt) verarbeiten.

5. ENTWICKLUNG UND PRÜFUNG DES EXPERIMENTELLEN KONZEPTES

5.1. ÜBERSICHT ÜBER DAS EXPERIMENTELLE DESIGN

Wir wollen an einer Stichprobe von ca. 30 - 40 Kindern im Alter von 3;0 - 6;11 Jahren unsere Fragestellung überprüfen und planen folgende Stichprobenverteilung, wie sie in Tabelle 21 dargestellt ist.

Tab. 21: Altersgruppenübersicht der vorgesehenen Stichprobe

VORGABE/VERLAUF		ALTER / GESCHLECHT								SUMME VPn
1.	2.	3;0-3;11		4;0-4;11		5;0-5;11		6;0-6;11 J.		
		m	w	m	w	m	w	m	w	
ruhend /bewegt		2	2	2	2	2	2	2	2	16
bewegt /ruhend		2	2	2	2	2	2	2	2	16
SUMME VPn		4	4	4	4	4	4	4	4	32

Das Experiment soll im Verlauf aus den Vorgaben 1 und 2 (ruhend bzw. bewegt und umgekehrt) bestehen und in folgendem Rahmen eingebettet sein:

1. Begrüßung und gemeinsames Spiel zwischen Teilnehmer und Versuchsleiter, wobei wir an folgende Spiele denken:

- . Krokodilspiel ($n \leq 3$),
- . das Zuordnungsspiel - 'Palette' ($n \leq 9$),
- . Schlachtfest: ein Würfel- und Puzzelspiel ($n \leq 6$) und
- . Flipper u.ä.m. (n unbegrenzt)

Dieser Verlauf soll ungefähr 15 - 20 Minuten dauern.

2. Versuchsphase 1 mit der Vorgabe der Objektmengen (ruhend oder bewegt): sie soll ca. 15 Minuten dauern zuzüglich der Zeit für die Einführung, Erklärung und den Probeläufen.

Wir denken unter Bezug auf das magic-paradigm an folgenden Ablauf im Experiment:

- . Versuchsperson schließt die Augen;
- . Versuchsleiter legt die vorgesehene Objektmenge und gibt dann das Startzeichen;

- . Versuchsperson öffnet die Augen, nimmt die Punktmenge wahr und gibt so schnell und genau wie möglich eine Antwort;
 - . Versuchsleiter mißt die Zeit (Start-Antwort) und beobachtet das Verhalten der Versuchsperson und protokolliert:
 - die Reihenfolge der bearbeiteten Menge,
 - die Verarbeitungsform (beurteilt nach den Verhaltenskriterien);
 - die Reaktionszeit und
 - die Mengenantwort der Versuchsperson;
 - . Versuchsleiter gibt Feedback an die Versuchsperson,
 - . Versuchsperson schließt erneut die Augen und
 - . Versuchsleiter legt die neue Punktmenge ein usw. (ca. 30 - 40 Mal).
3. Nach dem ersten Durchlauf wird eine Erholungspause von ca. 10 - 15 Minuten eingelegt, die nach Wahl der Versuchsperson im gemeinsamen Spiel verbracht wird.
4. Versuchsphase 2 (bewegt oder ruhend)
Verlauf und Häufigkeit vergleichbar der Phase 1; Dauer ebenfalls ca. 15 Minuten.

Die Gesamtdauer des Versuches sollte pro Versuchsperson ca. 1 Stunde betragen; wir werden im Vorversuch sehen, ob sich das in dieser Form realisieren läßt.

5.2. RAHMENBEDINGUNGEN UND VERSUCHSMATERIAL

Zu den Rahmenbedingungen und dem verwendeten Material in unserem Experiment gehören vorerst folgende Elemente:

- Untersuchungsräume,
- Sitzordnung im Versuchsraum und Standort der Geräte,
- Versuchsgerät mit Teller 1 (ruhende Vorgabe),
und Teller 2 (bewegte Vorlage),

- Zeitmesser (Stoppuhr)
- Mustervorlagen für die Objektmengen bei ruhender Vorgabe,
- natürliche Stimulusobjekte: Silberkugeln,
- Protokollbögen und die
- Versuchsanweisung.

Sie sollen im folgenden ausführlicher dargestellt und beschrieben werden.

- Untersuchungsräume

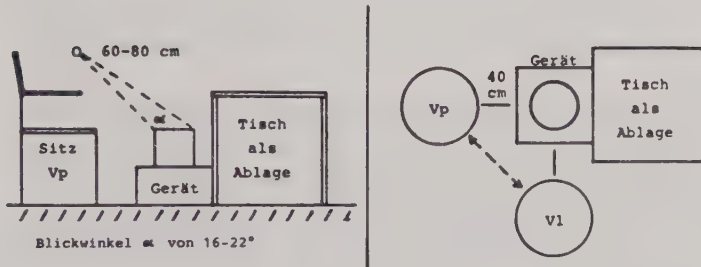
Als Untersuchungsräume dachten wir an Zimmer in einer Beratungsstelle, aber auch in Kindergärten oder an Wohnräume von Familien, deren Kinder an unserem Versuch teilnehmen wollten.

Wir waren zu diesem häufigen Wechsel bereit, weil zu Beginn nicht zu erwarten war, daß alle Kinder - wenn auch in Begleitung - in die Beratungsstelle kommen würden. Im Vortest galt es auszuloten, inwieweit diese Flexibilität sich im Sinne der Untersuchung als hilfreich oder hinderlich erweisen würde.

- Sitzordnung im Raum während des Versuches

Zur Sitzordnung vergleiche man Figur 9 (S. 111). Die Versuchsperson saß auf einem Stuhl (H: 40 cm) etwa 40 cm vor dem Versuchsgerät, das auf einer Tischbox (LxBxH: 40 x 33 x 28 cm) in ca. 30 cm Höhe stand. Der Versuchsleiter saß im rechten Winkel dazu ebenfalls vor dem Gerät, so daß er sowohl die Vorlagen auf dem Teller des Versuchsgerätes anbieten als auch mit der Versuchsperson nach Bedarf interagieren bzw. sie während der Mengenverarbeitung beobachten konnte. Sofern es den Versuchspersonen möglich ist, sollten sie mit dem Versuchsleiter arbeiten, ohne daß eine Begleitperson (meistens die Mutter) anwesend ist.

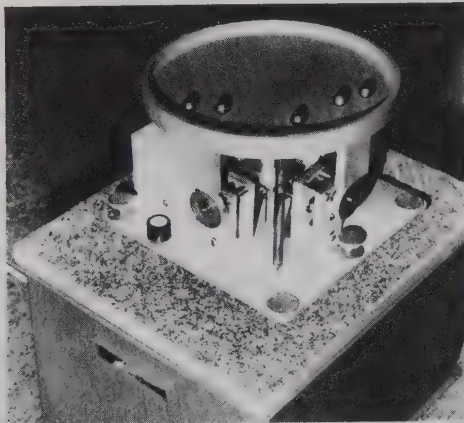
Fig. 9: Sitzordnung im Versuchsraum



- Versuchsgerät mit den Tellern 1 und 2

Das Versuchsgerät (eine Sonderanfertigung der Feinmechanischen Werkstatt des Psychologischen Institutes) stand fest und ausgelotet auf einer stabilen Tischbox (vgl. Bild 1).

Bild 1: Versuchsgerät mit Tischbox

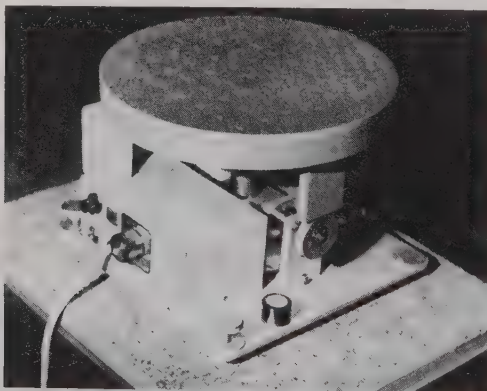


Das Gerät selbst besteht aus einer Grundplatte, auf der ein Transformator mit stufenloser Regelung und ein Elektromotor installiert ist. Dieser bewegt über ein Doppelkardangeln zwei Halbachsen - sie stehen zueinander im 90° Winkel - mit zwei Exzentrerscheiben an.

Von diesen Exzentrerscheiben wird die zentral gelagerte Rundplatte (Teller tief $\varnothing$ 24 cm) über zwei Ebenen im Wechsel gleichmäßig gehoben bzw. gesenkt. Bei Motorbetrieb mit entsprechender Aussteuerung entsteht so eine gleichmäßige Wellen- bzw. Schwenkbewegung des oberen Tellers.

In die obere Platte kann ein zweiter Teller ($\varnothing$ 24 cm, vgl. Bild 2) aufgelegt werden. Er ist mit einem Raster von 8×8 Mulden (Abstand 2,25 cm) versehen. Dieser flache Teller - mit grünem Velour bezogen - dient als Auflage für die ruhenden Punktmuster.

Bild 2: Teller flach mit Muldenraster



Die tiefe Rundplatte ($\varnothing$ 24 cm und einem Innendurchmesser von $d = 22,7$ cm) dient als Schale für die Darbietung der bewegten Punktmengen mit ständig neu

entstehenden Zufallskonfigurationen. Er bewegt sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von 10 cm/sec.; sie garantiert, daß sich die eingelegten Kugelmengen gleichmäßig vermischt hin- und herbewegen.

- Zeitmesser: eine Stoppuhr mit einer Genauigkeit von 1/100 Sekunde

In vergleichbaren Versuchen mit der Reaktionszeitmethode wird häufig mit einer Genauigkeit von einer Millisekunde gearbeitet. Dies wäre in unserem Versuch nur institutsintern möglich gewesen.

Wir benutzten stattdessen eine elektronische Stoppuhr (Digitalanzeige) mit einer Genauigkeit von 1/100 Sekunde (Typ 'Oledo' der Firma Adolf Hanhart GmbH, D-7730 Villingen-Schwenningen).

Wir gehen davon aus, daß dieser Genauigkeitsgrad für unseren Untersuchungszweck ausreicht, da die Messungen per Hand (sowohl beim Start wie am Ende) immer einer leichten Verzögerung unterliegen; es handelt sich dabei um einen systematischen Meßfehler, der für alle Versuche annähernd gleich zutrifft.

- Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Datenerhebung

Unsere Absicht in dieser Untersuchung ist, die Mengenerfassung bei Kleinkindern im Alter von 3 - 6 Jahren zu untersuchen. Gemäß dem methodischen Paradigma bezieht sich die Datenerhebung in erster Linie auf die Reaktionszeit-Messung (RZ als abhängige Variable). Des weiteren interessieren wir uns für das Verhalten der Kinder während des Versuches in Abhängigkeit zu den vorgelegten Punktmengen und deren Konfigurationen. Dazu ist aus methodischen Gründen eine unabhängige, aber reliable Verhaltensbeobachtung der Kinder während des Experimentes erforderlich.

Um eine gegenseitige Beeinflussung beider Messungen grundsätzlich auszuschließen, müßte man eine aufwendige technische Apparatur verwenden, die valide und reliabel beide Messungen unabhängig voneinander vornimmt; sie würde allerdings nur institutsintern zur Verfügung stehen; aber gerade in diese Räume würden die Kinder dieser Altersstufe nicht mehr kommen, geschweige denn mitarbeiten.

Will man dennoch diesen meßmethodischen Nachteil in der Datenerhebung umgehen, ist man auf 2 - 3 Beobachter angewiesen: zwei, die unabhängig nach entsprechender Schulung die Verhaltensbeobachtung und das Rating vornehmen, einen dritten, der die Reaktionszeiten mißt; damit ist das methodische Problem allerdings nur teilweise behoben: generell kann damit nicht ausgeschlossen werden, daß die Beobachter nicht doch nach kurzer Einübung ein Zeitempfinden für schnelle und kurze Bearbeitungszeiten entwickeln, welches dann wiederum das Rating des Verhaltens beeinflussen kann, d.h., da sehr kurze Zeiten eher dem Sofort Erfassen und relativ lange Zeiten dem Zählen entsprechen, kann auch ungewollt das entwickelte Zeitempfinden die Kategorisierung beeinflussen. Wir stellen fest: eine unabhängige und reliable Messung beider abhängigen Variablen ist auf diesem Weg nur bedingt zu erreichen. Erschwerend kommt noch hinzu, daß man kaum jemand für diese Aufgabe gewinnen kann, die sich über 6 - 8 Wochen jeden Nachmittag hinzieht, ohne daß die Mitarbeiter selbst einen Nutzen oder Vorteil davon haben.

Aus diesen Gründen entschieden wir uns für folgenden Kompromiß: wir messen als Versuchsleiter nach entsprechender Übung beide Variablen; unproblematisch ist es, mit einer Stoppuhr die Verarbeitungszeiten zuverlässig und unbeeinflußt zu erfassen; sobald die Uhr läuft, braucht man sich auf die Zeitmessung nicht mehr zu

konzentrieren; von daher ist es dann leicht möglich, während der Mengenverarbeitung das Verhalten der Versuchspersonen zu beobachten und zuzuordnen.

Mit der numerischen Antwort der Versuchsperson stoppt der Versuchsleiter die Reaktionszeit; danach kategorisiert er zuerst und unbeeinflusst von der Reaktionszeit das Verhalten des Kindes laut Kriterienkatalog, dann notiert er die Mengenangabe - und zuletzt protokolliert er die dazu gehörige Verarbeitungszeit des jeweiligen Durchganges.

Unter den genannten Bedingungen halten wir dieses Vorgehen für einen methodisch vertretbaren Kompromiß, um überhaupt mit der genannten Altersgruppe diese Fragestellung untersuchen zu können.

Es bleibt sicherlich weiteren Untersuchungen aufgeben, unter Ausschluß dieser Unzulänglichkeiten diese Fragestellung weiter zu klären.

- Natürliche Versuchsobjekte für die Darstellung der Punktmengen

Für die Versuche mit Kleinkindern halten wir natürliche Objekte zur Repräsentation von Punktmengen sachdienlicher als künstliche Darbietungen, wie z.B. per Monitor, Karten oder sonstige Projektion (vgl. dazu auch BECKMANN (1924), GAST (1957), GELMAN (1972) u.a.).

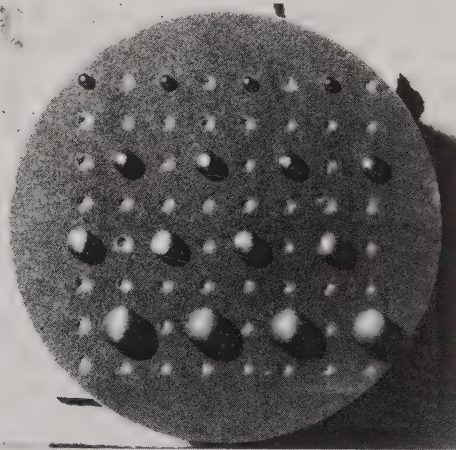
Uns standen Kugeln aus Silberstahl ($\emptyset$ 7,5 und 13 mm) und rote Holzkugeln ($\emptyset$ 15 und 22 mm) zur Verfügung. Nach einigen Vorversuchen entschieden wir uns vorab für die großen Silberstahlkugeln ($\emptyset$ 13 mm) aus mehreren Gründen:

- . erleichterte Wahrnehmung auf die Objektdistanz von 60 - 80 cm;
- . leichtere Handhabung für den Versuchsleiter und

- . bessere Roll- bzw. Laufeigenschaften der Kugeln bei bewegter Vorgabe.

Zum Größenverhältnis und der Objektwahrnehmung der Kugeln auf dem jeweiligen Hintergrund vgl. Bild 3.

Bild 3: Kugeln verschiedener Größe und Beschaffenheit auf dem Muldenraster



- Mustervorlagen der ruhenden Punktmengen bei einem Umfang $2 \leq n \leq 8$

Die Mustervorlagen wurden in Anlehnung an SIMONS und LANGHEINRICH (1982 a u. b) nach folgenden Gesichtspunkten erarbeitet und ausgewählt:

- | | | |
|--|-----|-------------|
| . bekannt
(= Würfel- und
Dominomuster) | vs. | unbekannt, |
| . eng | vs. | weit, |
| . linear | vs. | gestreut, |
| . gruppiert | vs. | ungruppiert |

Die Hauptverteilung der Muster war orientiert an der Basis senkrecht, waagerecht oder diagonal.

Auch Kombinationen nach diesen Kriterien kommen vor, wie sich aus der Übersicht der Muster/Punktmenge entnehmen läßt (vgl. dazu das Protokollblatt zum Experiment Mengenerfassung - ruhend - in Tab. 22 a).

Tab. 22 a: Protokollblatt zum Experiment Mengenerfassung - ruhend -

Experiment: Mengenerfassung									
- ruhend -									
Protokollblatt:									
vom:									
Beginn: Ende:									
Angaben zur Person									
geb.: Alter:									
männlich / weiblich									
Abkürzungen:									
Menge (N)									
Erfassung/Antwort (E/A)									
- blinzeln (b)									
- counting (c)									
- gruppieren (g)									
- raten (r)									
- substitizing (s)									
- verweigern (vw)									
Reaktionszeit (RZ)									
Reihenfolge (R)									
N _{max} = 50									
N _{min} = 20									
N _{real} =									
R	Muster								
E/A									
RZ									
						</			

Insgesamt können nach den genannten Kriterien und nach unserer Auswahl n Muster/Menge ruhend im Versuch vorgelegt und bearbeitet werden (vgl. Tab. 22a).

Im Normalfall soll darauf geachtet werden, mit jedem Teilnehmer mindestens 4 Muster der Mengen $3 = n = 7$ zu bearbeiten (= 20 Durchgänge), um so eine ausreichende Datenbasis zu erhalten.

In der Vorgabe 2 - bewegte Punktmengen - können bis zu 70 Durchgänge vorgenommen werden, mindestens jedoch wie in Vorgabe 1 je vier pro Punktmenge.

Folgende Konfigurationen wurden für die ruhenden Punktmengen ausgesucht und systematisch verteilt, wie aus Tab. 23 zu ersehen ist.

Tab. 23: Kriterien zur Gestaltung ruhender Punktmuster und deren Aufteilung

GESTALTUNGSASPEKT	PUNKTMENGEN							n
	2	3	4	5	6	7	8	
Würfel- und Dominomuster (bek.)	a	a	a	a;e	a;i	a;h	a;g	11
Linear angeordnete Muster	-	b;d	c	d	b	c	d	7
Untergruppierete Muster (n-1;n-2)	c	c	d;f	b;g	c;h	d;g	b;f	12
Zufallsmuster (random)	b	-	b	c;i	d;f	b;e	c;i	10
Rechtwinklige Muster	-	-	e	h	g	f	e	5
Ypsilon-Muster um 180° gedreht	-	-	g	f	e	i	h	5
Summe	1	4	7	9	9	9	9	50

- Protokollbögen

Für die Versuchsdurchführung ist es wichtig, schnell und sicher die Muster anzubieten und ebenso effektiv wie genau das Verhalten und die Antworten der Vpn zu protokollieren. Für diesen Zweck stand pro Vorgabe ein Protokollbogen zur Verfügung.

Während der ruhenden Mengenvorgabe werden lt. Protokollbogen folgende Angaben notiert (vgl. Tab. 22a):

- . die Reihenfolge der Versuche,
- . das Datum des Versuchstages und
- . die Angaben zur Person.

Während der Durchführung standen uns die Mengenmuster mit dem Protokollblatt als Vorlage zur Verfügung; im

Verlauf hielten wir folgende Daten fest:

- . die Reihenfolge der Mustervorlagen, in der sie von den Vpn bearbeitet wurden,
- . das Begleitverhalten der Vpn während der Bearbeitung ('ohne -' und 'mit Blickbewegungen'),
- . die numerische Antwort der Vpn pro Punktmenge,
- . und die Bearbeitungszeit als Reaktionszeit.

Somit konnte ohne große Verzögerungen und Verwechslungen die allgemeine Durchführung vorgenommen werden.

Im zweiten Teil mit bewegter Vorgabe erfolgte die gleiche Protokollierung, allerdings nur in Orientierung an den Punktmengen und einer in etwa gleichen Häufigkeit der Versuche pro Menge (vgl. Tab. 22b).

Tab. 22b: Protokollblatt für die Mengenerfassung bei bewegten Punktmengen

Experiment: Mengenerfassung - bewegt -

Protokollblatt:

vom:

Angaben zur Person:

geb.: Alter:

männlich / weiblich

N_{max} = 69 N_{real} =

N_{min} = 20

Abkürzungen:

Menge (M)

Erfassung/Antwort (E/A)

- blinzeln (b)

- counting (c)

- gruppieren (g)

- raten (r)

- subitizing (s)

- verweigern (vv)

Reaktionszeit (RZ)

Reihenfolge (R)

R	E/A									
	RZ									
										i
										i
										h
										g
										f
										e
										d
										c
										b
										a
M	2	3	4	5	6	7	8			

- Einführung und Versuchsanweisung

Die gesamte Untersuchung ist eine Reihe von Einzelversuchen mit Kleinkindern unter Anleitung eines Versuchsleiters. Somit ist für das Gelingen eine konstruktive und kooperative Interaktion der beiden Personen entscheidend.

Schon in der ersten Spielphase ist es wichtig, eine vertrauensvolle Beziehung zum Teilnehmer aufzubauen, und je jünger das Kind umso behutsamer.

Des weiteren sind in dieser Zeit auch einige allgemeine Fähigkeiten des Kindes in spielerischer Weise zu überprüfen, um zu sehen, ob es an diesem Versuch teilnehmen kann.

So achteten wir auf folgende Elemente und Fertigkeiten:

- . offene und lockere Kontaktaufnahme,
- . relative, d.h. altersgemäße Sicherheit und Selbständigkeit im Umgang, was eine Lösung von der Mutter voraussetzt;
- . Interesse am Spielgegenstand und am Zusammenspiel,
- . Verstehen und Einhalten von Spielregeln, Anweisungen etc.,
- . Teilnahme an den o.g. Spielen.

Bei letzterem zeigte sich u.a. die Ausdauer, die visuelle und taktile Wahrnehmung, die visumotorische Koordination in der Feinmotorik, die Zuordnungsfähigkeit (Gleiches zu Gleichem) und das allgemeine Zählvermögen ($n = 1-3; 1-6; 1-9$).

Mit Beginn der Vorgabe 'ruhende Muster' wurde das Gerät im jeweiligen Raum aufgestellt und der Versuchsperson erklärt. So konnte sich die Versuchsperson mit dem Gegenstand vertraut machen, bis wir den Versuch mit der Anweisung konkret einleiteten.

. Text der Versuchsanweisung

Hier ist ein Spiel, das wir jetzt zusammen machen werden. Bitte, setz Dich auf diesen Stuhl und ich

setze mich hierhin; dann können wir beide das Gerät gut sehen.

Auf dem Gerät vor Dir siehst Du einen grünen Teller mit vielen kleinen Löchern/Mulden.

Und hier habe ich viele Silberkugeln, die alle gleichgroß sind. Du kannst sie ruhig einmal in die Hand nehmen und auch den Teller einmal anfassen.

Einige von diesen Kugeln lege ich jetzt auf diesen Teller, und Du sollst mir dann sagen, wieviele Kugeln Du siehst. Es werden einmal mehr und einmal weniger Kugeln auf dem Teller sein.

So, sollen wir es jetzt einmal versuchen?

Gut, dann schließ' bitte einmal Deine Augen oder halte sie mit den Händen zu, und ich lege jetzt einige Kugeln auf den Teller vor Dir.

Wenn ich fertig bin, sage ich: 'Augen auf!' und Du sagst ganz schnell, wieviele Kugeln Du siehst.

Trainingsphase mit den Mengen $n = 1-2$

Hinweise für das - Augenschließen,
- Zählen,
- Raten und
- Blinzeln folgen.

Wichtig dabei ist, daß Du versuchst, ganz schnell und ganz genau zu sagen, wieviele Kugeln auf dem Teller liegen.

Dabei messe ich die Zeit, die Du brauchst, um mir zu sagen, wieviele Kugeln es sind.

Die Zeit und Deine Antwort schreibe ich dann auf. Paß auf, es geht ganz schnell und kann viel Spaß machen.

Hast Du alles verstanden? Hast Du noch eine Frage, bevor wir richtig anfangen?

Schau, jetzt wechsele ich den Teller. Darunter ist ein grauer, aber tiefer Teller, der sich bewegen kann. Dazu schalte ich das Gerät einmal ein. - Siehst Du, er schwingt gleichmäßig hin und her.

Jetzt lege ich einige Kugeln in den schwingenden Teller - und sie rollen gleichmäßig hin und her und durcheinander.

Deine Aufgabe ist es, die Augen zu schließen. Ich lege dann wieder einige Kugeln in diesen Teller. Wenn ich sage 'Augen auf!' - Wieviele Kugeln laufen/rollen im Teller?', dann sage so genau wie möglich und ganz schnell, wieviele Du im Teller siehst, ja?

Trainingsphase

Sollen wir es einmal versuchen? Gut - dann schließ bitte Deine Augen.

Ich lege jetzt einige Kugeln ein - und nun 'Augen auf! - Wieviele Kugeln sind wohl in dem Teller?' (Wiederholung mit großen Mengen maximal 4 Mal)
Die weitere Durchführung entspricht der Vorgabe 'ruhend'.

Während der Durchführung wollen wir mit den Teilnehmern im Gespräch bleiben und ihnen angemessene Rückmeldungen geben, damit nicht vorzeitig Langeweile und Ermüdung entstehen. Zudem vermuten wir, daß sich so ein interessantes Zusammenspiel entwickeln kann.

5.3. VORUNTERSUCHUNG

Im Pretest gilt es, das allgemeine Vorgehen des Versuchsplanes, die Materialien etc. im Detail praktisch zu überprüfen. Zudem ist es bedeutsam, ob die sachimmanente Legitimation des Experimentes zur Kooperation ausreicht und auf Manipulation verzichtet werden kann.

Ferner unterliegt die ganze Erhebungssituation der Überprüfung, wie auch die Rollenverteilung zwischen Teilnehmern und Versuchsleiter, die vorgesehenen Hilfsmittel, die Stichprobe und die Kontrollmöglichkeiten (vgl. FRIEDRICHS, 1973, 153-155).

5.3.1. VERSUCHSBEDINGUNGEN IM PRETEST

Als Versuchsmaterialien wurden die o.g. Elemente je nach Spiel- oder Untersuchungsphase verwendet.

Im Pretest nahmen 2 Jungen und 3 Mädchen im Alter von 3;6 - 5;11 Jahren ($\bar{x}$ = 4;5 J.) teil.

Die Vorversuche fanden zwischen Juli und August 1981 überwiegend nachmittags in der Zeit von 15.00 - 17.00 Uhr statt. Der Gesamtversuch pro Versuchsperson dauerte durchschnittlich 60 - 70 Minuten.

In einzelnen Punkten ergab die Voruntersuchung Hinweise auf Veränderungen und Korrekturen der bisherigen Planung. Sie werden im folgenden detailliert dargestellt und begründet.

5.3.2. ERGEBNISSE AUS DEN ERFAHRUNGEN DER VORUNTERSUCHUNG

- Technische Hilfsmittel

Die Versuchsmaterialien konnten bis auf wenige Ausnahmen unverändert übernommen werden.

Geringfügige Korrekturen waren in folgenden Elementen erforderlich:

- . das Versuchsgerät: in der Vorgabe 1 - ruhende Punktmengen - muß der Teller zusätzlich fixiert werden, damit er beim Auflegen der Objektmengen nicht umkippt;
- . Protokollbögen: insgesamt ist der Bogen für beide Vorgaben funktionsgerecht und praktisch; lediglich folgende Ergänzungen bei der Verarbeitung der Objektmengen erscheinen sinnvoll:
 - Blinzeln (b)
 - Gruppieren (g) und
 - Raten (r);
- . Versuchsanweisung (die Veränderungen dazu werden weiter unten noch ausgeführt.

- Ort, Raum, Zeit und Dauer

Die Vorversuche führten wir in verschiedenen Räumen, z.T. auch in Privatwohnungen durch. Die Nutzung der Privaträume hatte neben einigen Vorzügen doch erhebliche Nachteile für die Durchführung. Im wesentlichen sind da zu nennen:

- . das Kind ist in der häuslichen Situation durch Familienangehörige, Nebengeräusche und die vorhandenen Ausweichmöglichkeiten von der eigentlichen Aufgabenstellung zu leicht ablenkbar;
- . der Versuchsleiter muß sich jedes Mal neu orientieren und je nach Lage auch ziemlich improvisieren; das Einhalten von wesentlichen Standards ist erheblich erschwert, wenn nicht unmöglich;

- . für jeden Versuch war immer ein 'kleiner Umzug' erforderlich, der immer zu Verzögerungen führte;
- . zudem treten große Zeitverluste ein, da der Versuchsleiter wiederholt als Gast und Besucher bewirtet wurde.

Letztlich entschieden wir uns für die Räume in einer Beratungsstelle, in der neben dem Untersuchungszimmer (ca. 12,5 m²) ein vorhandenes Spielzimmer genutzt werden konnte. Wir hofften die Vorteile der Privatsituation in etwa kompensieren zu können, wenn wir die Kinder in Begleitung einer Bezugsperson (meistens die Mutter) zu uns einluden.

Nur so können wir in der Hauptuntersuchung die Versuchssituation annähernd gleichhalten.

Die Nachmittagszeit erwies sich allgemein als günstig, allerdings war gerade für die Jüngeren die 60 Minuten zu knapp bemessen; wir erweiterten die Versuchszeit auf 90 Minuten, um im Bedarfsfall längere Spielpausen einlegen zu können.

Es fanden im allgemeinen 2 Untersuchungen pro Nachmittag (von 14.30 - 17.30 Uhr) statt.

- Design der Voruntersuchung

Der oben beschriebene Verlauf kann auch in der Hauptuntersuchung beibehalten werden, da er sich in allen Punkten als praktikabel erwies.

Die Kinder ermüdeten bis auf wenige nicht, sondern spielten interessiert bis begeistert mit.

Es kann festgestellt werden, daß bei diesem spielerischen Vorgehen ein allgemeiner Motivationsgrad erhalten blieb, und die Leistungsfähigkeit der Versuchspersonen nicht überzogen wurde.

- Versuchspersonen

Wie schon erwähnt nahmen 5 Kinder im Alter von

3;6 - 5;11 Jahren an den Vorversuchen teil.

Die älteren Versuchspersonen handelten weitgehend selbständig und sicher; sie wirkten aufgeschlossen, interessiert und ausdauernd. Das geplante Vorgehen konnte unverändert durchgeführt werden, da sie sich kooperativ und ausgesprochen sachbezogen verhielten.

Das älteste Mädchen wünschte früher eine Pause (nach 15 Vorgaben) als der älteste Junge (erst nach 20).

Der jüngere männliche Teilnehmer war anfangs auch interessiert und zugänglich. 30 Minuten spielte er mit, danach wurde er zusehends unruhig, hyperaktiv und übermütig. Nur mit Hilfe der Begleitperson konnte er zu einer weiteren Mitarbeit bewogen werden; die Ergebnisse waren allerdings mangels echter Motivation offensichtlich negativ beeinflusst: er begann schon sehr schnell mit dem Zählen und überschaute die Punktmenge $n = 5$ nicht mehr; er antwortete mit 'viel' oder 'zehn'.

Die beiden jüngeren Mädchen verhielten sich zurückhaltend, unsicher und gehemmt; sie orientierten sich fast vollständig an der Begleitperson und waren durch viele Kleinigkeiten leicht ablenkbar, wie z.B. durch herumliegendes Spielzeug, weitere Personen, die verstoßen und heimlich zuschauen wollten, und Nebengeräusche (Klingel, Telefon etc.). Während die ältere noch einige Versuche erfolgreich absolvierte (Punktmengen von $n = 1-4$ (5)) und erst im Anschluß verweigerte, so nahm die jüngste nur am Spiel 'Schlachtfest' unter erleichterten Bedingungen teil.

Jeden Versuch verweigerte sie; beim allgemeinen Zählen kam sie bis 3.

- Versuchsanweisung und Versuchsleitung

Alle wesentlichen Informationselemente sind in der vor-

handenen Versuchsanweisung zwar enthalten, jedoch sind einige Korrekturen, Verdeutlichungen und sprachliche Vereinfachungen nach den Erfahrungen aus den Vorversuchen notwendig, insbesondere bei folgenden Inhalten:

- es muß noch stärker herausgestellt werden, daß es darauf ankommt, möglichst schnell und genau zu antworten;
- allerdings soll sich dadurch kein Teilnehmer zum Schummeln oder Raten mit und ohne Nachkorrektur verleiten lassen;
- die Punktmengen sollen nicht vordringlich gezählt werden, sondern möglichst schnell nach dem ersten Wahrnehmen mengenmäßig benannt werden;
- die Augen sollen zwar gut, aber nicht zu fest geschlossen werden, da sie sonst kurz nach dem Öffnen alles nur verschwommen und flimmernd sehen;
- ein ausführlicher Hinweis, daß die Objektmengen immer wechseln, mal sind es mehr mal weniger (größter Sprung liegt bei $n_x = 2$), scheint wichtig zu sein.

Für den Versuchsleiter waren die Voruntersuchungen eine hilfreiche Trainingszeit: er konnte mit der Durchführung besser vertraut werden, besonders das Musterlegen für den Ernstfall üben, und eine ökonomische, formalisierte und eindeutige Protokollführung nebst Beobachtung der Versuchsperson entwickeln und schulen.

Dazu gehörte ferner der Aufbau einer vertrauensvollen, aber auch sachorientierten Beziehung zu den Versuchspersonen. Unterstützt wurde dies u.a. auch durch die Sitzordnung (vgl. o.) und die Einführung des Versuches als ein gemeinsames Spiel mit verteilten Rollen. Sofern der Gesamtversuch erfolgt war, konnten die Rollen auch vertauscht werden - und die Versuchsperson übernahm die Funktion des Versuchsleiters.

- Definition der Abbruchkriterien

Die Erfahrungen aus den Vorversuchen lieferten auch Hinweise, in welchen Fällen ein vorzeitiges Beenden der Untersuchung sinnvoll ist: die Teilnehmer sollten nicht zur Kooperation gezwungen oder laufend überfordert werden und so lediglich Mißerfolge erleben. Aus diesen Gründen legten wir folgende Abbruchkriterien fest:

- . mehrfache (4x) oder totale Verweigerung trotz intensiver und wohlwollender Bemühungen;
- . die Zielmenge (Alter in Jahren - 1) wurde während der Versuche nicht erreicht;
- . häufige Fehlerantworten bei kleinen Mengen;
- . häufiges Schummeln während des Vorlegens der Mengen (Blinzeln);
- . Hilfen durch Begleitpersonen;
- . Ermüdung und/oder Interesselosigkeit;
- . nicht sach- bzw. spielorientiertes Verhalten der Teilnehmer, wie Clownerien u.ä.

Im Bedarfsfall wird der Teilnehmer wiederholt zum weiteren Mitspiel angehalten; gelingt das nicht, so wird der Versuche in verbindlicher Form vorzeitig beendet.

5.4. DIE HAUPTUNTERSUCHUNG

Im Zusammenhang mit den Versuchsmaterialien verweisen wir auf die Ausführungen im Vortest und den daraus gewonnenen Erfahrungen; sie werden so weit wie möglich in die Durchführung der Hauptuntersuchung eingehen.

- Versuchspersonen

Wir untersuchen die visuelle Mengenerfassung bei veränderter Mengenvorgabe - ruhend versus bewegt - an Kleinkindern im Alter von 3;0 - 6;11 Jahren.

Die Fragestellung wollen wir an Kindern überprüfen, die unter relativ günstigen Bedingungen im sozialen Umfeld (Herkunftsfamilie etc.) aufgewachsen sind. Es handelt sich um eine ausgelesene Stichprobe, die nicht repräsentativ ist, allerdings Rückschlüsse zuläßt, wie weit die Mengenerfassung bei Kindern unter positiven Milieu- und pädagogischen Bedingungen entwickelt bzw. entwicklungsfähig ist.

In Absprache mit Mitarbeiterinnen von vier Kindergärten, mit denen wir schon jahrelang zusammenarbeiten, konnten die Kinder für die Hauptuntersuchung unter Rücksicht auf folgende Kriterien gewonnen werden:

- . Kinder der Altersgruppe 3;0 - 6;11 Jahre;
- . alle Kinder besuchen oder besuchten zum Zeitpunkt der Versuche einen Kindergarten;
- . Kinder: körperlich und geistig normal entwickelt, aufgeschlossen und vielseitig interessiert, in der Gruppe sozial integriert, kontaktfreudig zu Kindern und Erwachsenen, altersgemäß ausdauernd im Spiel.

Unter Rücksicht auf die Bestimmungen des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) informierten die Mitarbeiterinnen die Eltern von Kindern, die in Frage kamen. Bei diesem Vorgehen erklärten sich die meisten Eltern bereit; Vorbehalte und Ängste konnten relativ schnell ausgeräumt werden, als zugesichert wurde, daß eine Begleitperson auf Wunsch beim Experiment zuschauen kann. Außerdem wurde die anonyme Auswertung der Daten zugesichert.

Nur bei jüngeren Kindern machten Eltern von der Versuchsteilnahme Gebrauch.

Für die Hauptuntersuchung konnten 50 Teilnehmer gewonnen werden (zur Stichprobe vgl. Tab. 24). Sie fand während der Monate August - November 1981 in den beschriebenen Räumen der Beratungsstelle statt.

Tab. 24: Stichprobe der Hauptuntersuchung

VORGABE/VERLAUF		ALTER / GESCHLECHT								SUMME VPN
1.	2.	3;0-3;11		4;0-4;11		5;0-5;11		6;0-6;11 J.		
		M	W	M	W	M	W	M	W	
ruhend / bewegt		4	5	3	3	2	3	2	2	24
bewegt / ruhend		4	4	3	3	3	2	2	2	23
SUMME VPN		8	9	6	6	5	5	4	4	47
Exp.-gruppe		17		12		10		8		47
Analysegruppe		8		8		8		8		32
Ausfallgruppe		9		4		2		./.		15

Von drei Teilnehmern erhielten wir vorzeitig eine Absage; eine Versuchsperson verweigerte trotz Kommens jede Mitarbeit schon in der ersten Spielphase, weitere fünf verweigerten die Kooperation nach wenigen Versuchen in den Vorgaben 1 bzw. 2.

Wie aus Tabelle 24 zu ersehen ist, erhielten wir für jede Altersgruppe acht Versuchspersonen mit ca. 20 - 50 Meßwerten in jeder Vorgabeform.

6. AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER BEFUNDE

In die statistische Auswertung werden nur die Daten aufgenommen, die folgende Kriterien erfüllen:

- je Vorgabe muß jede Vp mindestens zwei richtige Lösungen in sehr kurzer Zeit bei den Mengen $n = 2$ oder 3 erreicht haben;
- es gehen nur die Reaktionszeiten der Versuche mit richtiger numerischer Lösung ein;
- die Reaktionszeit im einzelnen Durchgang darf nicht länger als 10 sec. sein, da diese Zeit schon sehr lang für die Erfassung von Mengen bis $n = 8$ ist (vgl. Befunde bei Kindern etc.).

Da die Versuchspersonen pro Punktmenge unterschiedlich viele Vorlagen bearbeitet haben, würde es in der Auswertung zu einer Verzerrung führen, wenn jede Vp mit den Reaktionszeiten aller gültigen Versuche in die Analyse einging: besonders 'erfolgreiche' Vpn mit vielen Versuchen wären dann überrepräsentiert und weniger 'gute' entsprechend unterrepräsentiert. Ein 'Herausmitteln' dieser Unterschiede ist bei dem gegebenen Stichprobenumfang von 8 Vpn pro Altersgruppe nicht zu erwarten; deshalb geht jede Vp mit einem individuellen Reaktionszeitmittelwert pro Punktmenge und Vorgabe in die Auswertung ein (vgl. Urlistsiten im Anhang).

Unsere Fragestellungen sollen in fünf Auswertungsschritten bei entsprechender Differenzierung überprüft werden:

1. quantitative und qualitative Fehleranalyse,
2. Einfluß der Vorgabeänderung - ruhende versus sich bewegende Mengen -
3. Einfluß des Alters auf die Reaktionszeiten,
4. Auswertung der Beobachtungsdaten und
5. Einfluß der Mengenanordnung auf die visuelle Erfassung - hier: bekannte vs. unbekannte Muster.

Der Intergruppenvergleich ist durch die Auswertung der Daten pro Altersgruppe möglich; er soll entwicklungspsychologische Fragen und Aspekte beantworten helfen.

Im folgenden werden die Auswertungsschritte und Befunde eingehend dargestellt.

6.1. QUANTITATIVE UND QUALITATIVE FEHLERANALYSE

Da in die weitere statistische Auswertung ausschließlich Versuche mit richtiger Lösung eingehen werden, sollen vorab die Fehlerhäufigkeit und -art dargestellt und besprochen werden; so können allgemeine Hinweise gewonnen werden und im Vergleich mit anderen Untersuchungen Aussagen getroffen werden. Tabelle 25 gibt die Anzahl der Versuche und der Fehler (-qualität) pro Altersgruppe, Vorgabeform und Punktmenge wieder (s. folgende Seite).

Anhand der Daten (Tab. 25) sind in Figur 10 die Fehleranteile (F%) pro Altersgruppe, Vorgabe und Punktmenge graphisch dargestellt worden (s.S. 133).

Sowohl aus Tabelle 25 wieder graphischen Darstellung der Fehlerprozente (Fig. 10) können folgende Hinweise entnommen werden:

- Tendenzen innerhalb der Altersgruppen:

- . fast fehlerfrei (maximal 5 % Fehler) werden die Mengen bis zu 3 Elementen von allen Altersgruppen erfaßt; dabei ist es unerheblich, ob diese ruhend oder bewegt vorgelegt wurden;
- . davon bilden die 4-Jährigen eine Ausnahme bei bewegter Mengenvorgabe; sie bearbeiten nur 2 Elemente fehlerfrei;
- . die 5-Jährigen erfassen bei bewegter und die 6-Jährigen in beiden Vorgaben Mengen bis zu 4 Elementen korrekt;
- . über diese 'Grenzwerte' hinaus nimmt der Fehleranteil bei steigendem Mengenumfang deutlich zu;
- . innerhalb der Altersgruppen ist eine klare Tendenz zur Unterschätzung der Objektmengen zu erkennen; bei ruhenden Vorgabe bilden davon die 5- und 6-Jährigen eine Ausnahme: sie neigen eher zur Überschätzung;
- . der Anteil der Unterschätzung ist bei ruhender Vorgabe geringer als bei bewegter; davon bilden die 3-Jährigen eine Ausnahme;
- . sofern eine Überschätzung der gegebenen Punktmenge vorliegt, tritt diese häufiger bei ruhender als bei bewegter Vorgabe auf (Ausnahme bei den 3- und 6-Jährigen);
- . weiter ist in allen Altersgruppen zu beobachten, daß die Fehlerprozente bei ruhender Vorgabe geringer als bei sich bewegenden Mengen sind.

- Hinweise zwischen den Altersgruppen:

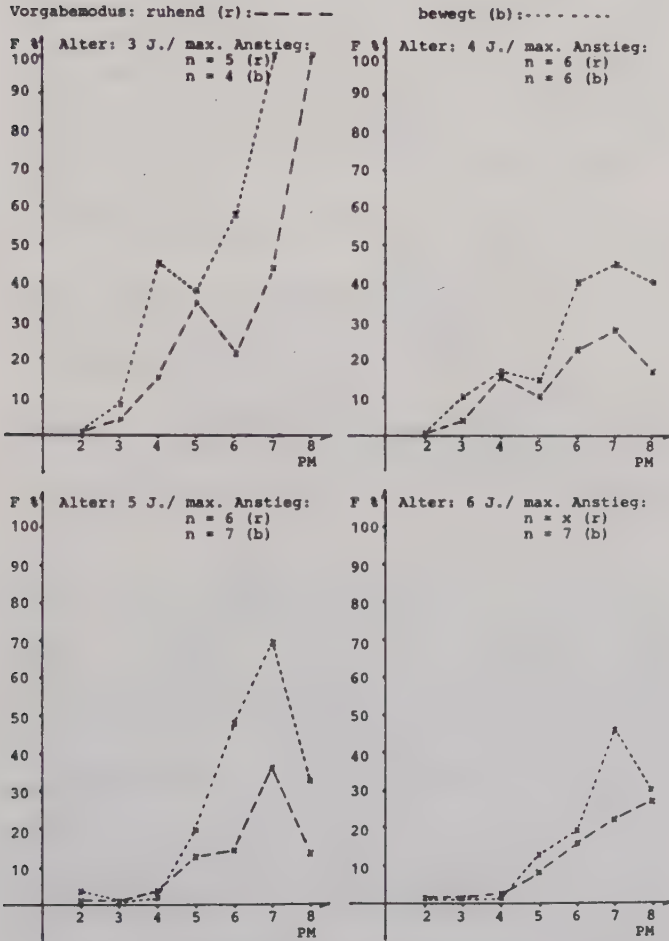
- . bei ruhender Vorgabe nehmen die Fehleranteile der Unterschätzung mit zunehmendem Alter ab (3-6 J.:

Tab. 25: Fehlerübersicht pro Altersgruppe u. Vorgabe

Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
3 J.									
Zn	24	31	42	33	14	7	1	152	
a	-	1	5	10	2	1	1	20	13,2
b	24	30	36	22	11	4	-	127	
c	-	-	1	1	1	2	-	5	3,3
Fn	-	1	6	11	3	3	1	25	16,5
F%	-	3,2	14,2	33,3	21,4	42,9	-		
Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
3 J.									
Zn	58	60	49	22	7	3	-	199	
a	-	-	11	6	4	3	-	24	12,1
b	58	59	27	14	3	-	-	161	
c	-	1	11	2	-	-	-	14	7,0
Fn	-	1	22	8	4	3	-	38	19,1
F%	-	1,7	44,9	36,4	57,1	100	-		
Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
4 J.									
Zn	18	32	46	42	27	18	6	189	
a	-	-	1	3	4	5	-	13	6,9
b	18	31	39	38	21	13	5	165	
c	-	1	6	1	2	-	1	11	5,8
Fn	-	1	7	4	6	5	1	24	12,7
F%	-	3,1	15,2	9,5	22,2	27,8	16,7		
Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
4 J.									
Zn	39	57	56	42	25	11	5	235	
a	-	6	8	4	8	4	1	31	13,2
b	39	51	47	36	15	6	3	197	
c	-	-	1	2	2	1	1	7	3,0
Fn	-	6	9	6	10	5	2	38	16,2
F%	-	10,5	16,1	14,3	40,0	45,5	40,0		
Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
5 J.									
Zn	17	31	53	62	50	30	8	251	
a	-	-	1	4	2	5	-	12	4,8
b	17	31	50	54	43	19	7	221	
c	-	-	2	4	5	6	1	18	7,2
Fn	-	-	3	8	7	11	1	30	12,0
F%	-	-	5,7	12,9	14,0	36,7	12,5		
Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
5 J.									
Zn	31	64	71	62	23	16	3	270	
a	-	-	1	10	8	11	1	31	11,5
b	30	64	69	50	12	5	2	232	
c	1	-	1	2	3	-	-	7	2,6
Fn	1	-	2	12	11	11	1	38	14,1
F%	3,2	-	2,8	19,4	47,8	68,6	33,3		
Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
6 J.									
Zn	9	32	55	64	56	47	26	289	
a	-	-	1	1	4	3	3	12	4,2
b	9	32	54	59	47	36	19	256	
c	-	-	-	4	5	8	4	21	7,3
Fn	-	-	1	5	9	11	7	33	11,4
F%	-	-	1,8	7,8	16,1	23,4	26,9		
Vpn	2	3	4	5	6	7	8	Summe	F%
6 J.									
Zn	19	51	65	71	65	48	30	349	
a	-	-	-	4	4	11	7	26	7,5
b	19	51	65	62	53	26	21	297	
c	-	-	-	5	8	11	2	26	7,5
Fn	-	-	-	9	12	22	9	52	15,0
F%	-	-	-	12,7	18,5	45,8	30,0		

Abkürzungen: Zn = Anzahl der Versuche; Fn = Anzahl der Fehler

Fig. 10: Darstellung der Fehleranteile (F%) pro Altersgruppe, Vorgabe und Punktmenge (PM)



- von 13,2% bis zu 4,2%);
- ebenso verhält es sich bei bewegten Objektmengen (von 12,1% bis zu 7,5%) bei einer Ausnahme der 4-Jährigen;
- bei ruhender Vorgabe ist in der Überschätzung eine eindeutige Tendenz zu erkennen: die Fehlerquote steigt mit zunehmendem Alter von 3,3% auf 7,5%; mit bewegter Vorgabe nimmt sie bei den 3-5-Jährigen ab (7,0% bis 2,6%), aber bei den 6-Jährigen wieder zu (7,5%);
- bei ruhenden Objektmengen nimmt der gesamte Fehleranteil (F%) mit steigendem Alter ab; dies gilt mit Ausnahme der 6-Jährigen auch für die sich bewegenden Punktmengen.

Diese Beobachtungen lassen sich als Tendenzaussagen allgemein zusammenfassen:

- bis zu 3 bzw. 4 Elementen erfassen alle Altersgruppen die Punktmengen fast fehlerfrei; die Mengenvorgabe und die Variation der Anordnung haben darauf keinen Einfluß;
- nach dieser Zäsur nimmt mit steigendem Mengenumfang die Fehlerquote deutlich zu;
- unabhängig von der Vorgabeform besteht eine deutliche Tendenz zur Unterschätzung kleiner Mengen, die mit zunehmendem Alter zurückgeht;
- die Fehlerquote ist in allen Altersgruppen bei bewegten Elementen größer als bei ruhenden;
- weiter ist zwischen den Altersgruppen zu erkennen: mit zunehmendem Alter verringern sich die Fehleranteile in beiden Vorgabeformen.

Bezieht man die Tendenzaussagen auf unsere Fragestellungen, so ist festzustellen:

1. bezogen auf die Fehleranteile bei steigender Punktmenge ist eine deutliche Zäsur bei $n = 3$ bzw. 4 zu beobachten; bis dahin werden die Mengen fast fehlerfrei bearbeitet; danach nehmen die Fehler stark zu;
2. die Fehlerquote ist bei ruhender Vorgabe geringer als bei ruhender;
3. je älter die Versuchspersonen sind, desto größer ist der Anteil richtiger Lösungen.

6.2. EINFLUSS DER VORGABE AUF DIE MENGENERFASSUNG

In diesem Auswertungsschritt soll überprüft werden, ob die veränderte Vorgabe der Punktmengen 'ruhend und bewegt' einen bedeutsamen Einfluß auf die Reaktionszeit ausübt, und inwieweit er sich bei steigendem Mengenumfang nachweisen läßt.

Dazu verwenden wir die Reaktionszeitmittelwerte pro Versuchsperson, Objektmenge und Vorgabe aus Urliste 1; sie sind in Tab. 26 zusammengestellt und in Figur 11 graphisch dargestellt (s.f.S.).

Tab. 26: Reaktionszeitmittelwerte pro Altersgruppe und Vorgabe

ALTER	VORGABE	Punktmengen							
		2	3	4	5	6	7	8	
3 J.	ruhend	141	345	497	512	700	463*	-	
	bewegt	124	240	371	243	200*	-	-	
4 J.	ruhend	100	266	391	528	463	573	701	
	bewegt	109	257	350	465	452	441	-	
5 J.	ruhend	096	148	299	391	417	526	604	
	bewegt	095	144	301	439	561	537	-	
6 J.	ruhend	090	094	160	320	321	456	300	
	bewegt	085	099	133	243	394	328	311	

Abkürzung: * = Zahlen mit einem Stern geben die RZ nur einer Vp wieder

Die o.g. Fragestellung wird zunächst mittels einer zweifachen Varianzanalyse mit folgenden Faktoren überprüft:

- . Faktor A: Vorgabebform 'ruhend und bewegt',
- . Faktor B: steigender Mengenumfang ($2 \leq n \leq 8$).

Die Berechnungen orientieren sich an den Ausführungen von EIMER (1978, 104f) für das varianzanalytische Auswertungsmodell mit zwei Faktoren. Die Ergebnisse dieser Auswertung enthält Tab. 27.

Tab. 27: Ergebnisse der zweifachen Varianzanalyse mit den o.g. Faktoren A und B

ALTER	ANALYSE- QU. UMFANG	QU.	df	QU.	QU.	df	F	F _{0,05}
3 J.	2-5	A	266	514,1	1	f ₁	209 876,0	7 8,89 = 5,59
		B	827	414,4	3	f ₁	515 933,4	21 11,23 = 3,07
		AB	131	611,6	3	f ₂	27 576,1	21 33,41 = 3,07
4 J.	2-6	A	10	649,1	1	f ₁	118 954,4	7 0,63 = 5,59
		B	1	615 203,8	4	f ₂	533 875,1	28 21,18 = 2,71
		AB	12	921,4	4	f ₃	237 036,6	28 0,38 = 2,71
5 J.	2-7	A	26	967,5	1	f ₁	110 005,9	7 1,72 = 5,59
		B	2	604 136,2	5	f ₁	314 422,9	35 57,98 = 2,49
		AB	66	008,4	5	f ₂	310 636,7	35 1,49 = 2,49
6 J.	2-8	A	12	537,7	1	f ₁	49 117,6	7 1,79 = 5,59
		B	1	527 697,8	6	f ₂	261 046,3	42 40,97 = 2,59
		AB	101	828,6	6	f ₃	343 703,0	42 2,07 = 2,59

Fig. 11a: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte pro Altersgruppe und Vorgabemodus

ruhend: -----

bewegt:

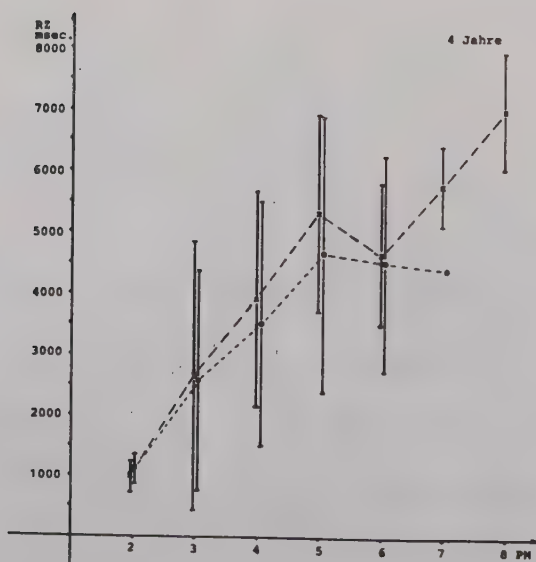
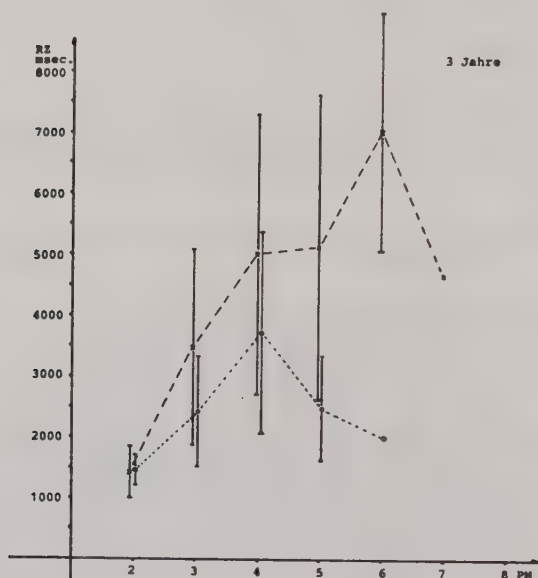
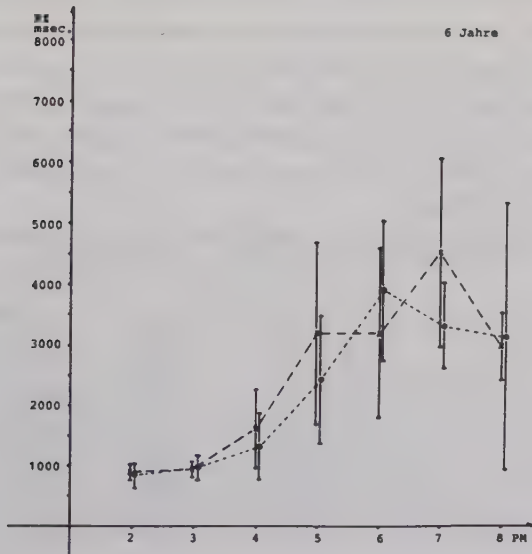
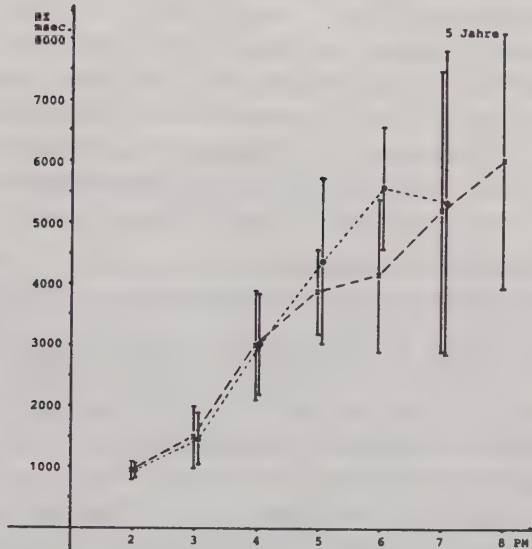


Fig. 11b: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte pro Altersgruppe und Vorgabemodus
ruhend: ----- bewegt:



Bezogen auf die veränderte Mengenvorgabe (Faktor A) ist der Reaktionszeitunterschied bei den 3-Jährigen signifikant, in den anderen Altersgruppen aber nicht. Für die 4-6-Jährigen ist anzunehmen, daß die veränderte Vorgabe keinen bedeutsamen Einfluß auf die Reaktionszeiten ausübt.

Die steigende Anzahl der Punktmengen (Faktor B) ist nach den vorliegenden Ergebnissen in allen Altersgruppen signifikant. Damit ist die Nullhypothese zu verwerfen; stattdessen ist alternativ anzunehmen, daß die Zunahme der Punktmenge einen bedeutsamen Einfluß auf die Reaktionszeiten aller Altersgruppen hat.

In den graphischen Darstellungen von Figur 11 finden sich für diese Ergebnisse entsprechende Hinweise.

Wenn für Faktor A 'veränderte Vorgabe' bei den geprüften Mengen kein bedeutsamer Einfluß auf die Reaktionszeiten nachgewiesen wurde, so könnte er doch bei einzelnen Punktmengen bestehen. Diese Frage soll im folgenden Schritt geklärt werden.

Bei den 3-Jährigen beobachten wir anhand der graph. Darstellungen in Figur 11 größere Reaktionszeitdifferenzen zwischen den Vorgaben bei den Punktmengen $n = 3-6$; ähnlich große Unterschiede treten bei den 4-6-Jährigen für die Mengen $n = 5, 6$ oder 7 auf. Die Ergebnisse der Analyse pro Punktmenge enthält Tabelle 28. In der Berechnung orientierten wir uns wieder an EIMER (1978, 42: Modell II bei wiederholter Beobachtung).

Tab. 28: Einfluß der Vorgabeform auf die Mengenerfassung (RZ) einzelner Punktmengen

ALTER	MENGE	QU.	QS	df	QU.	QS	df	F	$F_{0,05}$
3 J.	3	A	43 785,8	1	f	39 132,9	7	7,83	5,59
	4	A	63 252,3	1	f	79 364,8	7	5,58	5,59
	5	A	217 621,3	1	f	115 145,7	5	9,45	6,61
4 J.	5	A	13 828,6	1	f	207 412,4	6	0,40	5,99
5 J.	5	A	9 312,3	1	f	50 153,8	7	1,30	5,59
	6	A	83 088,0	1	f	54 547,5	7	10,66	5,59
6 J.	5	A	24 180,3	1	f	76 180,8	7	0,45	5,59
	6	A	20 952,5	1	f	97 514,0	7	1,40	5,59
	7	A	65 664,0	1	f	81 634,5	7	5,63	5,59

Aus den Befunden geht hervor: für die 3-Jährigen sind die Reaktionszeitdifferenzen zwischen ruhender und bewegter Vorgabe bei den Mengen $n = 3$ und 5 statistisch signifikant, bei Punktmenge $n = 4$ liegt der Testwert knapp unter dem kritischen Vergleichswert. In den weiteren Altersgruppen (4-6 Jahre) ist die Reaktionszeitdifferenz bei den kleinen Punktmengen nicht bedeutsam; erst bei Punktmenge $n = 6$ ist für die 5-Jährigen und bei Punktmenge $n = 7$ für die 6-Jährigen der Unterschied signifikant. Punktmenge $n = 8$ konnte mangels ausreichender Daten (Ausfall der Vpn) nicht in die Analyse aufgenommen werden.

Insgesamt enthalten die Ergebnisse folgende Aussage: die veränderte Mengenvorgabe hat z.T. einen nachweisbaren Einfluß auf die Reaktionszeiten bei Kleinkindern; dieser Einfluß ist allerdings abhängig vom Alter der Vpn und dem Mengenumfang.

Im folgenden Auswertungsschritt soll ein erweitertes statistisches Modell verwendet werden, um noch eingehender den möglichen Einfluß einer veränderten Mengenvorgabe auf die Reaktionszeiten zu überprüfen. Dazu verwenden wir die lineare Trendanalyse und Regressionsberechnung (vgl. EIMER, 1978, 59).

KLAHR (1973a) und CHI und KLAHR (1975) benutzten dieses Auswertungsmodell und konnten eine allgemeine Grenzwertbestimmung zwischen den besonders schnell und korrekt erfaßten kleineren Mengen und den relativ langsam verarbeiteten Mengen ($n \approx 5$) feststellen (vgl. oben die Hinweise zur Diskontinuität der linearen Trends abhängig vom Mengenumfang).

Die Ergebnisse der Auswertung befinden sich in Tabelle 29 (s.f.S.).

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß die lin. Trends der Reaktionszeiten je nach Alter und Vorgabe für unterschiedliche Mengenbereiche bestehen: mal ist der Bereich des lin. Trends für ruhende Vorgabe größer als für bewegte Mengen (3- und 5-Jährige), mal ist

er kleiner (4- und 6-Jährige).

Tab. 29: Ergebnisse der lin. Trendanalyse und der Regressionsberechnungen bzgl. Vorgabeeinfluß

AG	VG	AU	n	QU.	QS	df	F	F _{0,05}	Intercept (msec.)	Slope (msec./Pkt.)
3 J.	r	2-6	25	A	899 400,0	4	10,39	2,87	-962	1316
				f	346 347,2	16				
	b	2-4	24	A	244 074,3	2	16,17	3,74	-1252	1234
				f	105 695,8	14				
4 J.	r	2-5	32	A	797 163,6	3	18,72	3,07	-1719	1409
				f	298 092,1	21				
	b	2-5	32	A	546 119,4	3	10,14	3,07	-1121	1164
				f	376 991,4	21				
5 J.	r	2-8	42	A	1 301 422,5	6	17,71	2,36	-911	866
				f	367 266,7	30				
	b	2-6	42	A	1 226 647,4	4	51,17	2,71	-1826	1226
				f	167 803,8	28				
6 J.	r	2-4	24	A	24 941,1	2	9,86	3,74	93	351
				f	17 700,2	14				
	b	2-5	32	A	121 761,1	3	16,08	3,07	-370	506
				f	52 993,7	21				

Abkürzungen: AG = Altersgruppe; VG = Vorgabe; r = ruhend; b = bewegt;
 AU = Analyseumfang; n = Anzahl der einbezogenen Daten (Reaktionszeitmittelwerte x Punktmengen); QU. = Quelle;

Die unterschiedlichen Mengenbereiche, für die ein lin. Trend der Reaktionszeiten besteht, weisen wohl auf einen Einfluß der veränderten Mengenvorgabe hin, aber er ist auf dieser Basis der Befunde nicht eindeutig interpretierbar. Aufgrund dieser Trendunterschiede sind auch die Angaben zur linearen Regression (Intercept und Slope) nicht unmittelbar miteinander vergleichbar; zudem erschwert bzw. verhindert dieser Sachverhalt einen Intergruppenvergleich und den unmittelbaren Bezug zu den Befunden früherer Untersuchungen.

Festzuhalten ist allerdings: eine allgemeine Grenzwertbestimmung für das Sofort erfassen und das Zählen ist auf der Grundlage dieser Befunde nicht möglich (vgl. KLAHR, 1973a; CHI und KLAHR, 1975; SVENSON et al., 1978).

Aus diesen Gründen beschränken wir die Datenauswertung wie folgt: in allen Altersgruppen und Vorgaben besteht ein linearer Trend der Reaktionszeiten mindestens für die Mengen n = 2-4; unter Bezug auf die allgemeine Grenzwertbestimmung bei Erwachsenen und Kindern mit

der Diskontinuität bei $n = 4$ berechnen wir für diese Mengen differenziert nach Alter und Vorgabe die Regressionswerte (Intercept und Slope) (vgl. Tab. 30). Im Vergleich der Ergebnisse läßt sich vermutlich der mögliche Einfluß der Vorgabeänderung auf die Reaktionszeiten und damit auf die visuelle Mengenerfassung besser entnehmen.

Tab. 30: Ergebnisse der lin. Trendanalyse und der Regressionsberechnungen für die Mengen $n = 2-4$

ALTER	VG	N	QU.	QS	df	F	$F_{0,05}$	Intercept (msec.)	Slope (msec./Pkt.)
3 J.	r	24	A	509 894,5	2	14,68	$\triangleright 3,74$	-2065	1780
			f	243 172,9	14				
	b	24	A	244 074,3	2	16,17	$\triangleright 3,74$	-1252	1234
			f	105 695,8	14				
4 J.	r	24	A	340 383,6	2	14,86	$\triangleright 3,74$	-1838	1454
			f	160 372,4	14				
	b	24	A	237 285,8	2	9,52	$\triangleright 3,74$	-1238	1208
			f	174 316,2	14				
5 J.	r	24	A	177 602,2	2	44,51	$\triangleright 3,74$	-1236	1014
			f	27 933,0	14				
	b	24	A	185 101,0	2	32,30	$\triangleright 3,74$	-1286	1029
			f	40 112,3	14				
6 J.	r	24	A	24 941,1	2	9,86	$\triangleright 3,74$	93	351
			f	17 700,2	14				
	b	24	A	9 762,8	2	4,49	$\triangleright 3,74$	339	240
			f	15 227,3	14				

Abkürzungen: VG = Vorgabeform; QU. = Quelle; QS = Quadratsumme;
r = ruhend; b = bewegt; N = Anzahl der Vpn, die mit dem RZ-Mittelwert in die Analyse eingehen;

In Figur 12 sind die Befunde der Regressionsberechnung graphisch dargestellt (s.f.S.).

Anhand dieser Auswertung kann ein Einfluß der veränderten Mengenvorgabe auf die visuelle Mengenerfassung bei Kinder für die Mengen $n = 2-4$ beobachtet und nachgewiesen werden. Im einzelnen ist festzustellen:

- es bestehen deutliche Unterschiede zwischen der durchschnittlichen Verarbeitungszeit pro Element (Slope) für ruhende und bewegte Mengen, die mit zunehmendem Alter der Versuchspersonen geringer werden (546 msec. bei den 3-Jährigen, über 246 msec. (4 J.) und 15 msec. (5 J.) bis zu 91 msec. bei den 6-Jährigen);

Fig. 12a: Graph. Darstellung der Regressionsgeraden für die Mengen $n = 2-4$

ruhend: x x x x x

bewegt: o o o o o

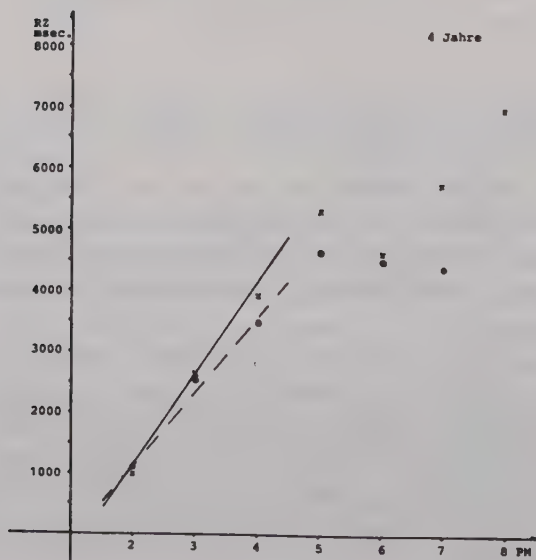
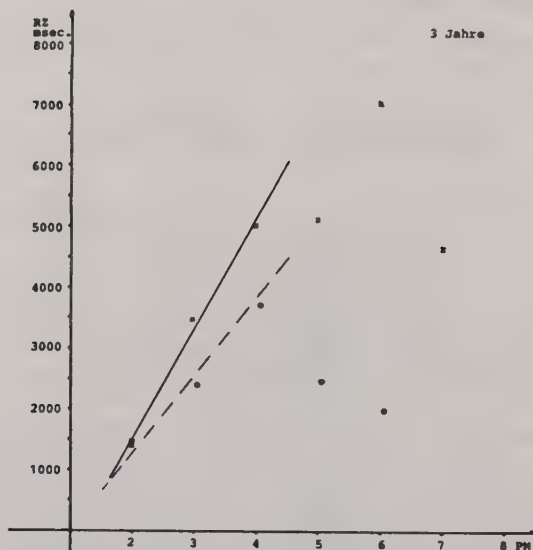
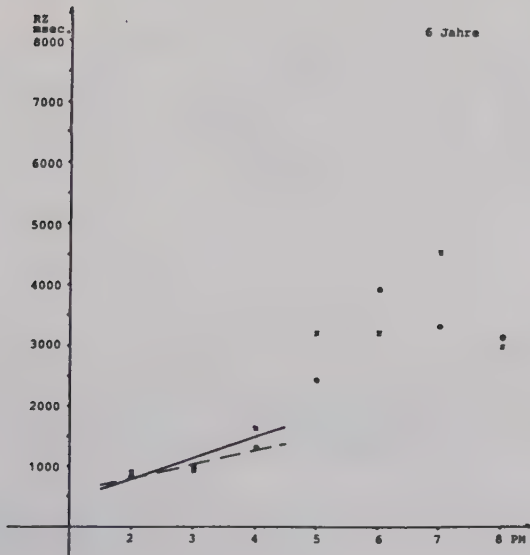
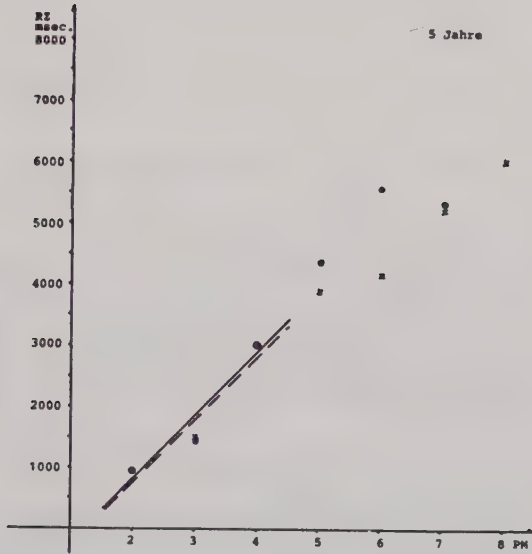


Fig. 12b: Graph. Darstellung der Regressionsgeraden
für die Mengen $n = 2-4$

ruhend: x x x x x

bewegt: ° ° ° ° °



- diese Differenzen sind unter Bezug auf die varianz-analytischen Befunde für die 3-Jährigen statistisch signifikant, während das für die 4-6-Jährigen nicht zutrifft;
- zudem wird durch die unterschiedliche Reaktionszeit-zunahme deutlich, daß im Bereich kleinerer Mengen die bewegten Elemente schneller als die ruhenden be-arbeitet werden (eine Ausnahme besteht bei den 5-Jährigen);
- die durchschnittliche Verarbeitungsdauer pro Ele-ment wird mit zunehmendem Alter für ruhende wie für bewegte Mengen immer kleiner (vgl. Slope).

Diese Befunde verdeutlichen besonders, wie abhängig gerade jüngere Kinder (3-4 Jahre) in der visuellen Mengenerfassung von der Untersuchungsmethode sind: der Einfluß der veränderten Mengenvorgabe ist bei ihnen am stärksten.

Alles in allem kann auf der Basis dieser Befunde fol-gendes festgestellt werden:

- die visuelle Mengenerfassung von Kleinkindern ist besonders abhängig von der veränderten Mengenvor-gabe, vom Mengenumfang und vom Alter;
- der Einfluß der Vorgabeänderung auf die Reak-tionszeiten der Mengenerfassung ist umso stärker, je jünger die Versuchspersonen sind (vgl. die Sig-nifikanz bei den 3-Jährigen und die deutlichen Ten-denzen für die 4-6-Jährigen).

6.3. EINFLUSS DES ALTERS AUF DIE MENGENERFASSUNG

Um einen möglichen Einfluß des Alters auf die visuelle Mengenerfassung feststellen zu können, ist es sinnvoll zu klären, ob bedeutsame Unterschiede zwischen den Reaktionszeiten der einzelnen Altersgruppen bestehen oder nicht (Intergruppenvergleich).

Die Auswertung erfolgt in zwei Teilschritten, d.h. wir greifen auf die Befunde früherer Berechnungen zurück und werten sie unter entwicklungspsychologischem Aspekt aus.

Die Daten für diesen Auswertungsschritt stammen ebenfalls aus Urliste 1 (vgl. Anhang). Dabei werden die Reaktionszeiten zwischen den Altersgruppen pro Vorgabeform und Punktmenge verglichen.

In Figur 13 sind die entsprechenden Reaktionszeitmittelwerte für den Intergruppenvergleich graphisch dargestellt (s.f.S.).

Die Überprüfung der Reaktionszeitdifferenzen zwischen den Altersgruppen erfolgt nach dem Modell einer einfachen Varianzanalyse pro Vorgabe und Punktmenge (vgl. EIMER, 1978, 34f). Die Analyse wird auf die Punktmengen $n = 2-5$ begrenzt, weil nur für diese in allen Altersgruppen die Daten vollständig erhoben werden konnten; bei größeren Mengen fallen die 3- und 4-Jährigen vermehrt aus (vgl. Urliste 1): nur noch die 'Besseren' dieses Alters würden in die Analyse eingehen, was mögliche Befunde sehr verzerren würde.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse sind in Tab. 31 enthalten (vgl. S. 147).

Daraus sind folgende Befunde zu entnehmen:

- die Unterschiede der Reaktionszeiten zwischen den Altersgruppen sind mehrheitlich nicht bedeutsam;
- dennoch gibt es bezogen auf Vorgabeform und Mengenumfang signifikante Differenzen zwischen den Bearbeitungszeiten einzelner Altersgruppen:

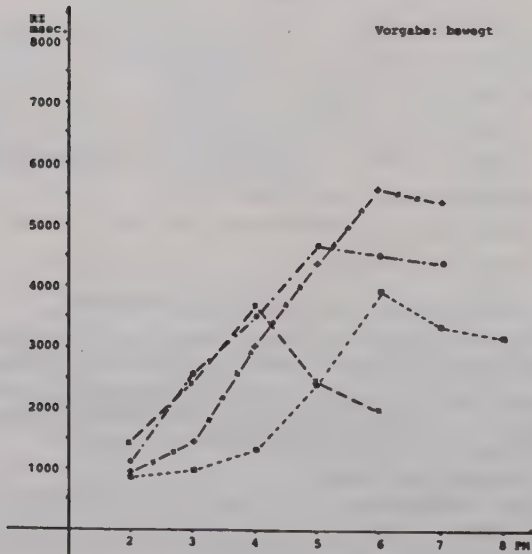
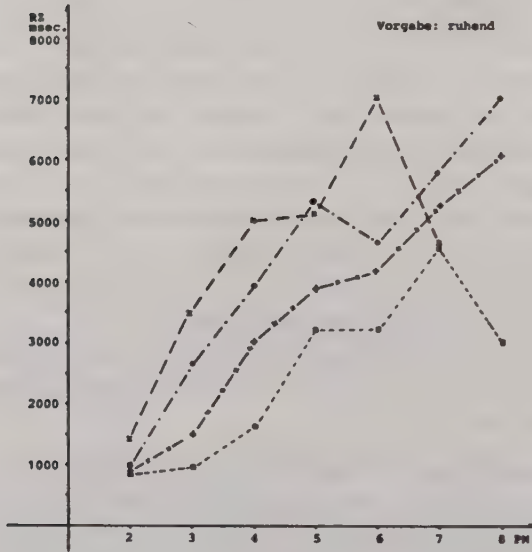
bei ruhender Vorgabe:

bei den Punktmengen 2, 3 und 4 zwischen den 3- und 6-Jährigen;

bei Punktmenge 4 zwischen den 4- und 6-Jährigen und den 5- und 6-Jährigen;

Fig. 13: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte im Altersgruppenvergleich je Vorgabemodus

3 Jahre: - - - - - 4 Jahre: - -
5 Jahre: - x - x - 6 Jahre:



Tab. 31: Ergebnisse des Intergruppenvergleiches
pro Vorgabe und Punktmenge

Vorgabe: ruhend

PM	ALTER	QU.	QS	df	QU.	QS	df	F	P _{0,05}
2	3 vs. 4	A	6 601,5	1	£	15 368,4	7	3,01	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	8 100,0	1	£	13 789,0	7	4,11	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	10 353,0	1	£	12 638,4	7	5,73	≠ 5,59
	4 vs. 5	A	76,5	1	£	4 842,4	7	0,11	≠ 5,59
	4 vs. 6	A	420,3	1	£	3 691,7	7	0,80	≠ 5,59
3	5 vs. 6	A	138,0	1	£	2 112,4	7	0,46	≠ 5,59
	3 vs. 4	A	24 885,0	1	£	461 140,9	7	0,38	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	155 236,0	1	£	196 075,0	7	5,54	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	252 757,5	1	£	176 680,9	7	10,01	≠ 5,59
	4 vs. 5	A	55 814,0	1	£	306 058,9	7	1,28	≠ 5,59
4	4 vs. 6	A	119 025,0	1	£	286 664,0	7	2,91	≠ 5,59
	5 vs. 6	A	11 826,5	1	£	21 598,9	7	3,83	≠ 5,59
	3 vs. 4	A	44 838,0	1	£	581 066,4	7	0,54	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	157 014,0	1	£	428 295,5	7	2,57	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	453 602,2	1	£	402 485,5	7	7,89	≠ 5,59
5	4 vs. 5	A	34 040,3	1	£	264 614,7	7	0,90	≠ 5,59
	4 vs. 6	A	213 213,0	1	£	238 804,9	7	6,25	≠ 5,59
	5 vs. 6	A	76 867,5	1	£	86 033,9	7	6,25	≠ 5,59
	3 vs. 4	A	1 056,5	1	£	402 137,5	7	0,02	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	59 049,0	1	£	286 072,0	7	1,45	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	147 072,2	1	£	409 011,5	7	2,52	≠ 5,59
	4 vs. 5	A	75 900,2	1	£	186 453,5	7	2,85	≠ 5,59
	4 vs. 6	A	171 396,0	1	£	289 379,0	7	4,15	≠ 5,59
	5 vs. 6	A	19 182,2	1	£	173 313,5	7	0,78	≠ 5,59

Vorgabe: bewegt

2	3 vs. 4	A	961,0	1	£	8 886,7	7	0,76	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	3 335,0	1	£	6 192,4	7	3,77	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	6 045,0	1	£	7 712,4	7	5,49	≠ 5,59
	4 vs. 5	A	715,5	1	£	6 281,4	7	0,80	≠ 5,59
	4 vs. 6	A	2 185,0	1	£	7 801,4	7	1,96	≠ 5,59
3	5 vs. 6	A	400,0	1	£	5 107,0	7	0,55	≠ 5,59
	3 vs. 4	A	1 089,0	1	£	289 227,0	7	0,03	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	37 249,0	1	£	71 267,0	7	3,66	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	79 667,0	1	£	61 736,4	7	9,03	≠ 5,59
	4 vs. 5	A	51 076,0	1	£	243 991,0	7	1,47	≠ 5,59
4	4 vs. 6	A	99 382,5	1	£	234 460,4	7	2,97	≠ 5,59
	5 vs. 6	A	7 965,5	1	£	16 500,4	7	3,38	≠ 5,59
	3 vs. 4	A	1 743,0	1	£	412 052,9	7	0,03	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	19 600,0	1	£	183 812,0	7	0,75	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	226 100,2	1	£	158 607,5	7	9,98	≠ 5,59
5	4 vs. 5	A	9 653,0	1	£	324 644,9	7	0,21	≠ 5,59
	4 vs. 6	A	188 139,0	1	£	299 440,4	7	4,40	≠ 5,59
	5 vs. 6	A	112 560,2	1	£	71 199,5	7	11,07	≠ 5,59
	3 vs. 4	A	198 247,5	1	£	323 111,4	7	4,30	≠ 5,59
	3 vs. 5	A	153 664,0	1	£	146 799,0	7	7,33	≠ 5,59
	3 vs. 6	A	0,2	1	£	100 101,5	7	0,00	≠ 5,59
	4 vs. 5	A	2 835,5	1	£	425 947,4	7	0,05	≠ 5,59
	4 vs. 6	A	198 693,0	1	£	379 249,9	7	3,67	≠ 5,59
	5 vs. 6	A	154 056,2	1	£	202 937,5	7	5,31	≠ 5,59

bei bewegter Vorgabe für die Punktmengen 3 und 4 zwischen den 3- und 6-Jährigen, bei Punktmenge 4 zwischen den 5- und 6-Jährigen und für Punktmenge 5 zwischen den 3- und 5-Jährigen;

- anhand dieser Ergebnisse wird deutlich, daß bedeutsame Unterschiede zwischen den Reaktionszeiten einzelner Altersgruppen abhängig vom Mengenumfang bestehen, insbesondere zwischen den 3- und 6-Jährigen;
- erst bei größerem Mengenumfang ab $n = 4$ sind die Reaktionszeitdifferenzen zwischen den 4- und 5-Jährigen einerseits und den 6-Jährigen andererseits signifikant;
- bei bewegter Vorgabe besteht noch bei $n = 4$ eine signifikante Differenz zwischen den Reaktionszeiten der 5- und 6-Jährigen;
- der Befund für Punktmenge 5 unter bewegter Mengenvorgabe zwischen den 3- und 5-Jährigen ist nicht hinreichend gesichert: in diesen Vergleich gehen nur die vier 'Besseren' der 3-Jährigen ein (vgl. o.)

Für die genannten Altersgruppen ist bei den entsprechenden Punktmengen die Nullhypothese abzulehnen, während sie für die anderen Mengen und Altersgruppen bestehen bleibt. D.h., bei den o.b. Mengen besteht zwischen den Reaktionszeiten der Altersgruppen ein bedeutsamer Unterschied; er besagt, daß das Alter einen wesentlichen Einfluß auf die visuelle Mengenerfassung im o.g. Umfang ausübt.

In einem weiteren Schritt greifen wir auf die Ergebnisse der linearen Trendanalyse und Regressionsberechnung für die Mengen $n = 2-4$ zurück (vgl. Tab. 30). Auf dieser Grundlage werden die effektiven Reaktionszeiten pro Altersgruppe, Vorgabeform und Punktmenge berechnet; sie sind in Tab. 32 enthalten.

Tab. 32: Effektive Reaktionszeiten auf der Basis der Regressionsberechnungen für $n = 2-4$

VORGABE	ALTER	Intercept (msec.)	Slope (msec./Pkt.)	Punktmenge			
				1	2	3	4
ruhend	3 J.	-2065	1780	-	1495	3275	5055
	4 J.	-1838	1454	-	1070	2524	3978
	5 J.	-1236	1014	-	792	1806	2820
	6 J.	93	351	-	795	1146	1497
bewegt	3 J.	-1252	1234	-	1216	2450	3684
	4 J.	-1238	1208	-	1178	2386	3594
	5 J.	-1286	1029	-	772	1801	2830
	6 J.	339	240	-	819	1059	1299

Anhand dieser Berechnungen und der graphischen Darstellung der linearen Regressionen im Gruppenvergleich pro Vorgabe werden die Reaktionszeitunterschiede zwischen den Altersgruppen besonders deutlich, sowohl die signifikanten wie die tendenziellen (Figur 14 enthält die entsprechenden graph. Darstellungen, s.f.S.).

Auf der Basis dieser Berechnungen ist folgendes als Ergebnis zu entnehmen:

- bei ruhender Vorgabe:

es bestehen deutliche Unterschiede in der Steigung der Regression(Slope) zwischen den Altersgruppen, und zwar: je jünger die Kinder sind, desto größer ist die Reaktionszeitzunahme pro Element (1780 msec. bei den 3-Jährigen bis zu 351 msec. bei den 6-Jährigen); besonders deutlich wird es in folgendem Vergleich: die 3-Jährigen verwenden für die Bearbeitung von 2 Elementen die gleiche Zeit wie die 6-Jährigen für 4 Elemente (1495 msec. zu 1497 msec.); die Unterschiede der Reaktionszeitzunahme zwischen den 3- und 5-Jährigen sind etwa gleichgroß (ca. 320 bis 440 msec.), während die Differenz zwischen den 5- und 6-Jährigen fast doppelt so groß ist (663 msec.);

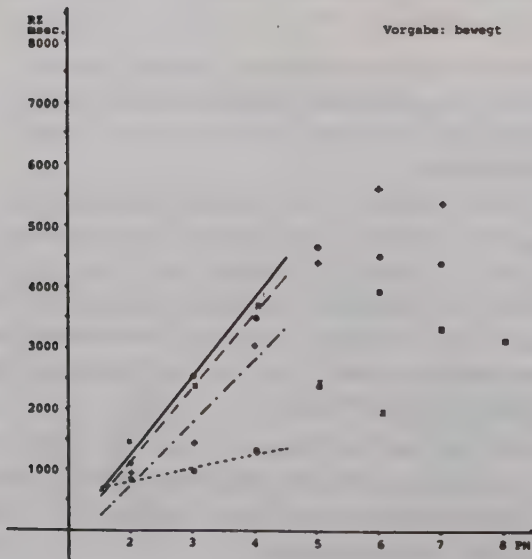
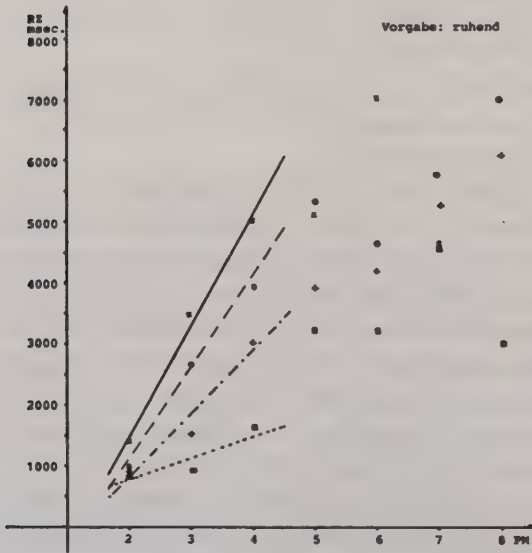
- bei bewegter Mengenvorgabe bleibt die o.g. Grundaussage zur altersspezifischen Differenz der Reaktionszeiten erhalten, allerdings mit folgenden Besonderheiten:

die Unterschiede in der Reaktionszeitzunahme zwischen den 3- bis 5-Jährigen wird wesentlich geringer (26 bzw. 179 msec.), während sie zwischen den 5- und 6-Jährigen größer wird (von 663 bei ruhender Vorgabe auf 789 msec. bei sich bewegenden Mengen). Diese Veränderungen sind auf die Form der Mengenvorgabe zurückzuführen.

Insgesamt ist auf der Basis dieser Befunde und Hinweise ein Einfluß des Alters neben dem der Methode auf die Verarbeitung kleinerer Mengen ($n = 2-5$) bei Kleinkindern nachgewiesen.

Fig. 14: Graph. Darstellung der Regressionsgeraden im Altersgruppenvergleich je Vorgabemodus

3 Jahre: ————— 4 Jahre: - - - - -
5 Jahre: - . - . - . - 6 Jahre:



6.4. AUSWERTUNG DER BEOBACHTUNGSDATEN

Schon in den Vorversuchen trat während der Mengenerfassung typisches Begleitverhalten der Kinder auf. So gab es Kinder, die die Anzahl der vorgelegten Menge wesentlich schneller mit den Fingern zeigen als mit der Kardinalzahl benennen konnten; andere antworteten nicht mit der entsprechenden Zahl, sondern für die Gesamtmenge mit 2+2, 2+1, 2+3 und 3+3 etc.; bei einigen konnte lautes Zählen beobachtet werden, wieder andere zählten verdeckt oder leise; Hinweise dafür entnahmen wir dem rhythmischen Kopfnicken oder den Lippenbewegungen, aber auch daraus, daß die Vpn mit dem Finger ('pointing') oder den Augen (Blickbewegungen) die Punktmenge nach und nach abarbeiteten. Hinweise auf den Zusammenhang zwischen Blickbewegungen u.ä. und dem Abzählen als Erfassungsmodus finden sich bei KLAHR (1973a).

Während der Hauptuntersuchung wurde das auftretende Begleitverhalten der Vpn nach folgenden Kategorien festgehalten:

Kategorie:	Begleitverhalten:
"Zählen" ("c")	lautes Zählen; Lippen- und Augenbewegungen, rhythmisches Kopfnicken oder mit dem Finger die Elemente verfolgen;
"Raten" ("r")	mehrere schnell aufeinander folgende numerische Antworten;
"Untergruppieren" ("u")	das entspricht den numerischen Doppelantworten wie 2+2, 2+3 etc.
"Verweigern" ("vw")	keine Mitarbeit bei der gegebenen Punktmenge oder nur sehr verzögert;
"Sofort erfassen" ("s")	Bearbeiten der Mengen ohne Blickbewegungen etc.

Sofern im folgenden Text diese Kategorien verwendet werden, sind sie immer mit Anführungszeichen versehen, um sie nicht mit den Erfassungsmodi 'subitizing' und 'counting' nach KLAHR (1973a) zu verwechseln.

Mehrfachzuordnungen in einem Durchgang waren in folgenden Kombinationen möglich:

- "Untergruppieren" in Verbindung mit "Sofort erfassen" und "Zählen" und

- "Raten" mit anschließender "Verweigerung" (oder umgekehrt). Das ist in der folgenden Tabelle (Nr. 33) zu berücksichtigen.

Hier sollen die Beobachtungsdaten näher untersucht werden, um zu sehen, ob aufgrund der Häufigkeiten und/oder der entsprechenden Reaktionszeiten eine Differenzierung nach Alter, Vorgabe oder Punktmenge möglich ist.

Tab. 33 enthält, wie häufig das entsprechende Verhalten bei den Vpn während der Mengenerfassung beobachtet wurde - und zwar aufgeschlüsselt nach Alter, Vorgabe und Punktmenge (s.f.S.).

Daraus sind einige Hinweise vorab zu entnehmen, die für die Erfassung von Punktmengen bis zu 8 Elementen bei Kleinkindern charakteristisch sein können:

- in allen Altersgruppen wurden am häufigsten Versuche 'ohne-' und 'mit Blickbewegungen' beobachtet, die den Kategorien 'Sofort erfassen' und 'Zählen' bei KLAHR am ehesten entsprechen;
- in allen Altersgruppen verändert sich mit zunehmender Punktmenge das Verhältnis der beiden Verhaltensweisen: bei kleineren Mengen bis zu 4 Elementen überwiegt das "Sofort erfassen", während das ab $n = 4$ - je nach Alter - für das "Zählen" zutrifft;
- vergleicht man die Verhaltenshäufigkeiten bei beiden Vorgaben innerhalb der Altersgruppen, so ist folgendes festzustellen:
 1. bei ruhender Vorgabe ist der Gesamtanteil des "Sofort erfassens" gegenüber dem "Zählen" geringer als bei sich bewegenden Mengen;
 2. der Anteil des "Untergruppierens" ist bei ruhender Vorgabe durchgängig größer als bei bewegter;
 3. das "Raten" ist bei sich bewegenden Mengen generell größer als bei ruhenden;
 3. der "Verweigerungs"-Anteil ist bei ruhender Darbietung in allen Altersgruppen geringer als bei bewegten Punktmengen.

Allgemeiner lassen sich die Tendenzen wie folgt zusammenfassen:

- durch ruhende Vorgaben werden das "Zählen" und das "Untergruppieren" als begleitendes Verhalten während der visuellen Mengenerfassung gefördert;

Tab. 33: Häufigkeiten des Begleitverhaltens während der visuellen Mengenerfassung

AG	VK	Punktmengen - ruhend						Summe	%
3 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	22	10	6	1	2	5	-	46	29,5
"c"	2	11	32	25	9	1	-	80	51,3
"u"	-	4	12	2	5	-	-	23	
"z"	-	-	5	8	2	1	1	17	
"vw"	-	1	1	1	3	-	-	6	
Summe V	24	32	43	34	15	7	1	156	100,0

AG	VK	Punktmengen - bewegt						Summe	%
3 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	50	24	9	5	1	-	-	89	43,0
"c"	8	34	15	9	2	-	-	68	32,9
"u"	-	2	1	-	2	-	-	5	
"z"	-	1	18	9	5	3	-	36	
"vw"	-	4	5	1	1	-	-	11	
Summe V	58	63	53	22	8	3	-	207	100,0

AG	VK	Punktmengen - ruhend						Summe	%
4 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	17	17	10	6	5	-	-	55	28,6
"c"	1	15	32	25	13	11	6	103	53,6
"u"	-	2	10	5	8	9	1	35	
"z"	-	-	7	2	3	2	-	14	
"vw"	-	-	2	1	-	-	-	3	
Summe V	18	32	48	43	27	18	6	192	100,0

AG	VK	Punktmengen - bewegt						Summe	%
4 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	37	29	25	12	4	-	-	107	44,6
"c"	2	28	21	22	8	2	1	84	35,0
"u"	-	6	8	5	4	-	-	23	
"z"	-	-	4	2	10	8	4	28	
"vw"	-	2	1	-	2	-	-	5	
Summe V	39	59	57	42	27	11	5	240	100,0

AG	VK	Punktmengen - ruhend						Summe	%
5 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	16	24	20	12	7	4	1	84	33,3
"c"	1	7	31	47	41	24	7	158	63,7
"u"	-	1	3	4	6	4	-	17	
"z"	-	-	2	5	2	4	-	13	
"vw"	-	-	-	-	-	-	1	1	
Summe V	17	31	53	62	50	30	9	252	100,0

AG	VK	Punktmengen - bewegt						Summe	%
5 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	28	56	20	5	1	1	-	111	38,0
"c"	-	8	50	49	30	13	2	152	52,1
"u"	-	-	6	4	3	-	-	13	
"z"	-	-	3	11	8	1	1	24	
"vw"	-	-	1	1	5	4	1	12	
Summe V	28	64	71	63	44	18	4	292	100,0

AG	VK	Punktmengen - ruhend						Summe	%
6 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	9	32	43	27	21	13	7	152	52,6
"c"	-	-	12	34	30	29	12	117	40,5
"u"	-	-	4	14	15	14	8	55	
"z"	-	-	-	5	7	6	8	26	
"vw"	-	-	-	-	-	-	-	-	
Summe V	9	32	55	64	56	47	26	289	100,0

AG	VK	Punktmengen - bewegt						Summe	%
6 J.		2	3	4	5	6	7	8	
"a"	17	51	58	43	17	8	3	197	56,3
"c"	2	-	7	22	31	22	12	96	27,4
"u"	-	-	-	2	7	5	2	16	
"z"	-	-	1	6	18	20	18	63	
"vw"	-	-	-	1	-	-	-	1	
Summe V	19	51	65	72	65	48	30	350	100,0

Abkürzungen: AG = Altersgruppe; VK = Verhaltenskategorie;
 % = Prozentanteil; "a" = "Sofort erfassen";
 "c" = "Zählen"; "u" = "Untergruppieren";
 "z" = "Raten"; "vw" = "Verweigern"; Summe V =
 Anzahl der einbezogenen Versuche pro Menge

- die Darbietung sich bewegender Mengen begünstigte dagegen das "Sofort erfassen", das "Raten" und die mögliche, aber sehr seltene "Verweigerung".

In einem weiteren Schritt werden die Reaktionszeiten aller gültigen Versuche unabhängig von ihrer Dauer anhand der Beobachtungsdaten in zwei Gruppen aufgeteilt, nämlich in Reaktionszeiten von Versuchen 'ohne Blickbewegungen' und von Versuchen, in denen 'Blickbewegungen' beobachtet wurden. Die entsprechenden Daten befinden sich in Urliste 3 (Anhang S. 214), der die Reaktionszeitmittelwerte für diese Hauptkategorien in Tab. 34 entnommen sind.

Tab. 34: Reaktionszeitmittelwerte - differenziert nach den Verhaltenskategorien 'ohne -' und 'mit Blickbewegungen'

ALTER	VORGABE	BLICKBW.	Punktmengen							
			2	3	4	5	6	7	8	
3 J.	ruhend	ohne	139	131	179	112	180	219	-	
		mit	212	443	509	519	743	585	-	
	bewegt	ohne	119	157	205	175	-	-	-	
		mit	174	332	406	279	199	-	-	
4 J.	ruhend	ohne	100	142	166	156	195	-	-	
		mit	115	362	452	599	574	573	701	
	bewegt	ohne	102	128	183	184	279	-	-	
		mit	288	367	466	512	458	441	-	
5 J.	ruhend	ohne	093	123	179	198	171	275	278	
		mit	147	280	364	451	500	576	636	
	bewegt	ohne	095	123	171	193	254	336	-	
		mit	-	292	375	461	574	637	-	
6 J.	ruhend	ohne	090	094	122	173	147	184	188	
		mit	-	-	329	409	478	530	429	
	bewegt	ohne	078	099	123	160	243	213	169	
		mit	178	-	280	380	486	403	443	

Abk.: Blickbw. = Blickbewegungen während der Mengenbearbeitung

Die Reaktionszeitmittelwerte für "Sofort erfassen" und "Zählen" und die Varianzen sind in den Figuren 15a-d graphisch dargestellt (vgl. die folgenden Seiten).

Varianzanalytisch soll überprüft werden, ob die Trennung der Reaktionszeiten per Verhaltensbeobachtung eindeutig und signifikant ist. Die Ergebnisse dieser Überprüfung enthält Tab. 35 (vgl. S. 159).

Fig. 15a: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte und der Varianzen für die Bearbeitung der Mengen 'ohne -' und 'mit Blickbewegungen'

'ohne Blickbewegungen':

'mit Blickbewegungen': - - - - -

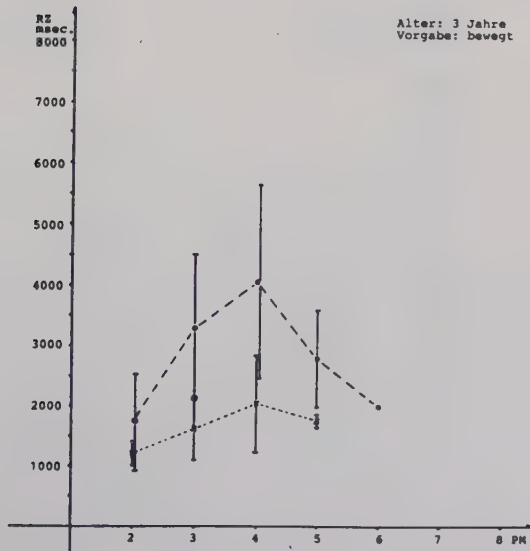
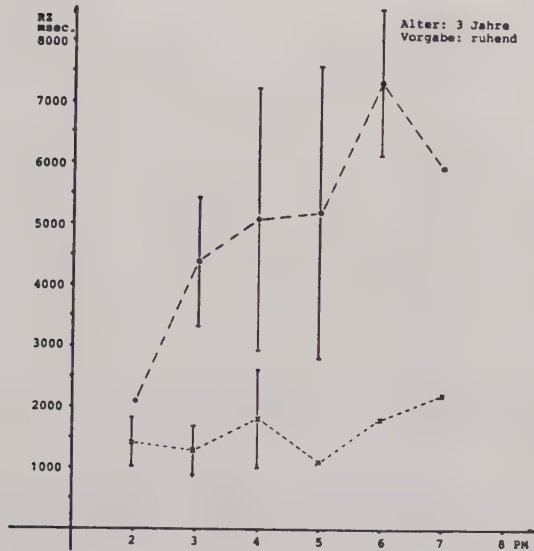


Fig. 15b: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte und der Varianzen für die Bearbeitung der Mengen 'ohne -' und 'mit Blickbewegungen'

'ohne Blickbewegungen':

'mit Blickbewegungen': -----

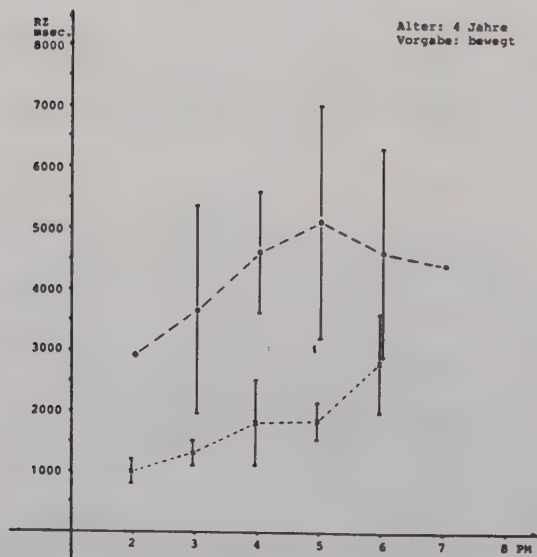
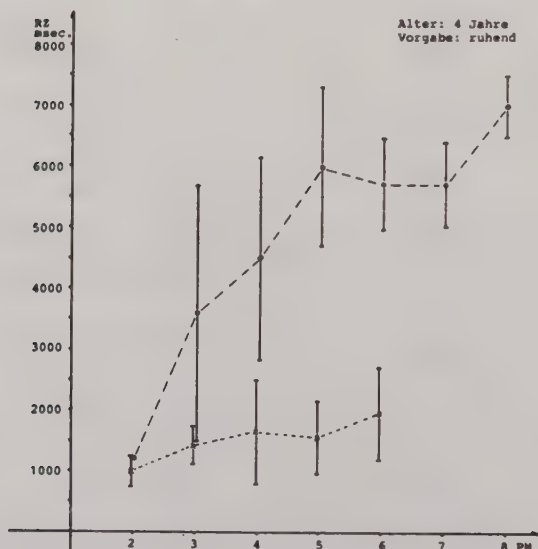


Fig. 15c: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte und der Varianzen für die Bearbeitung der Mengen 'ohne -' und 'mit Blickbewegungen'

'ohne Blickbewegungen':
'mit Blickbewegungen': -----

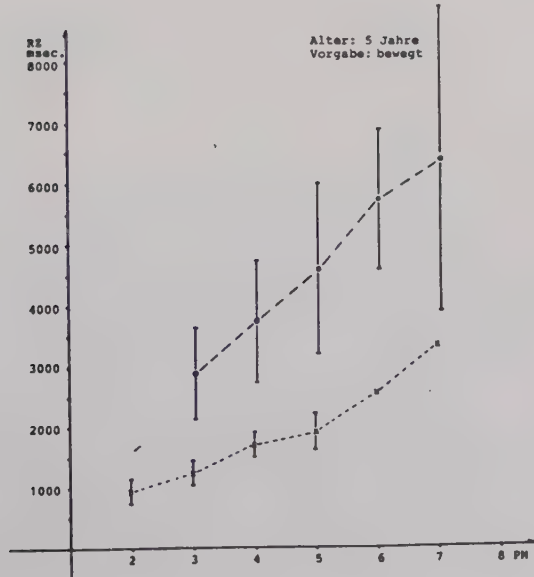
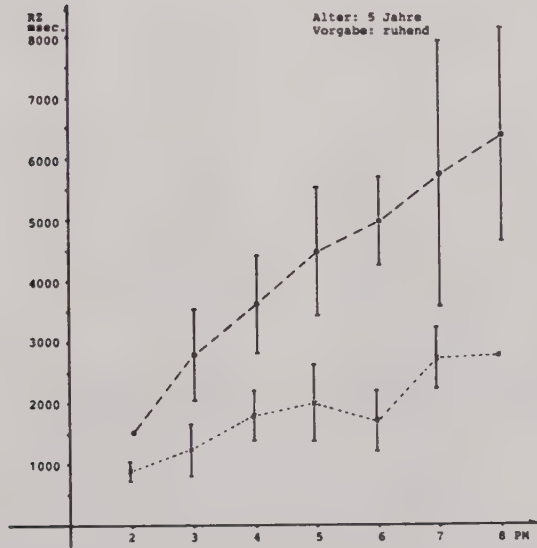
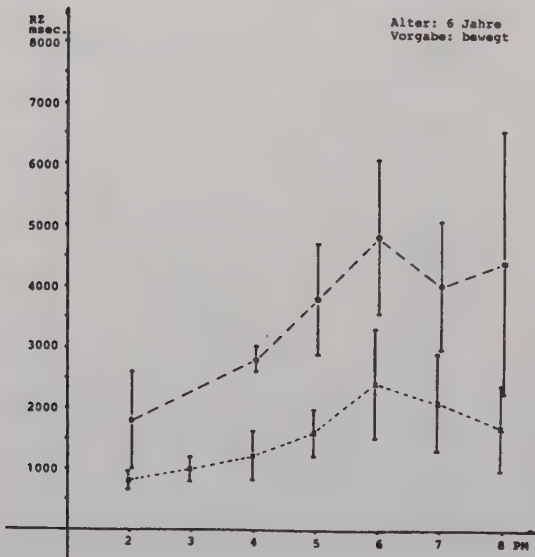
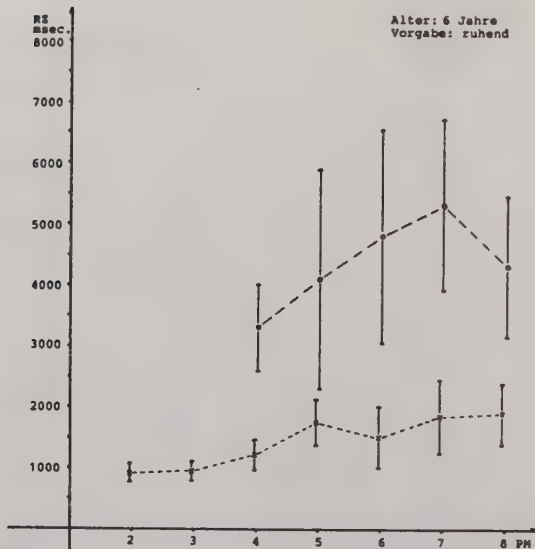


Fig. 15d: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte und der Varianzen für die Bearbeitung der Mengen 'ohne -' und 'mit Blickbewegungen'

'ohne Blickbewegungen':

'mit Blickbewegungen': -----



Tab. 35: Überprüfung der Reaktionszeitdifferenzen nach Unterscheidung per Verhaltensbeobachtung

ALTER	VG	PM	QS-A	df	QS-f	df	F	F _{0,05}
3 J.	r	3	388 694,6	1	25 591,4	7	106,32	► 5,59
		4	436 260,5	1	155 997,5	7	19,58	► 5,59
		2	12 155,0	1	7 248,5	7	11,72	► 5,59
		3	123 025,6	1	27 337,9	7	31,50	► 5,59
	b	4	161 604,0	1	35 657,0	7	31,70	► 5,59
		3	193 380,0	1	95 633,5	7	14,20	► 5,59
		4	326 898,0	1	89 312,5	7	25,62	► 5,59
		5	784 996,0	1	39 067,0	7	137,80	► 5,59
4 J.	r	6	430 544,0	1	19 538,5	5	110,20	► 6,61
		3	227 767,6	1	59 363,9	7	26,86	► 5,59
		4	320 639,0	1	32 826,5	7	68,37	► 5,59
		5	375 888,3	1	103 747,7	6	21,74	► 5,99
	b	6	63 903,4	1	37 687,3	3	5,06	► 5,59
		3	99 067,5	1	18 072,0	7	38,37	► 5,59
		4	136 530,3	1	26 476,7	7	36,10	► 5,59
		5	257 049,0	1	50 096,0	7	35,92	► 5,59
5 J.	r	6	433 622,2	1	23 378,3	7	129,84	► 5,59
		3	114 413,0	1	8 300,6	7	96,49	► 5,59
		4	166 260,0	1	35 346,5	7	32,93	► 5,59
		5	285 957,5	1	68 265,0	7	29,32	► 5,59
	b	4	170 569,0	1	8 561,0	7	139,47	► 5,59
		5	222 784,0	1	98 098,0	7	15,90	► 5,59
		6	437 251,5	1	54 550,0	7	56,11	► 5,59
		7	479 210,0	1	53 016,5	7	63,27	► 5,59
6 J.	r	8	90 300,2	1	86 690,8	4	4,17	► 7,71
		4	98 910,3	1	5 443,7	7	127,20	► 5,59
		5	194 701,5	1	20 626,0	7	66,08	► 5,59
		6	236 196,0	1	39 342,0	7	42,03	► 5,59
	b	7	72 010,2	1	23 440,3	3	9,22	► 10,13
		8	187 416,1	1	52 933,4	4	14,16	► 7,71

Abkürzungen: VG = Vorgabeform; PM = Punktmenge; r = ruhend; b = bewegt;

Daraus sind folgende Ergebnisse zu entnehmen:

- der Unterschied zwischen den Reaktionszeiten - getrennt nach den Verhaltensbeobachtungen - für "Sofort erfassen" und "Zählen" ist für alle Altersgruppen und beide Vorgaben bei fast allen Punktmenge(n) signifikant;
- es gibt davon zwei Ausnahmen bei bewegter Mengenvorgabe: für die 4-Jährigen bei Punktmenge 6 und für die 6-Jährigen bei Punktmenge 7;
- deutlich wird ferner, daß bei kleineren Mengen (n = 2-4, das sind die Mengen des Sofort erfassungsgebietes nach KLAHR, 1973a) die Reaktionszeitunterschiede unabhängig von der Vorgabe signifikant sind;
- erst bei größerem Mengenumfang - Mengen des klassischen Zählbereiches (n = 6 und 7) - ist die Differenz der Reaktionszeiten nicht mehr bedeutsam.

Auf dem Hintergrund der Befunde kann zusammenfassend festgestellt werden: die Verhaltenskategorien "Sofort-erfassen" und "Zählen" unterscheiden sich deutlich voneinander; sie erfassen unterschiedliches Begleitverhalten während der visuellen Mengenerfassung. Unter diesem Aspekt ist auch eine inhaltliche Nähe zwischen dem Begleitverhalten der Vpn während der Mengenerfassung und den Teiloperationen der visuellen Mengenerfassung zu sehen, wie sie von KAUFMAN et al. (1949), KLAHR (1973a) und CHI und KLAHR (1975) nachgewiesen wurden.

Ferner ist noch darauf hinzuweisen, daß mit dieser Auswertung der Beobachtungsdaten auf der Basis der Reaktionszeiten keine Differenzierung nach Alter, Mengenvorgabe und Mengenumfang möglich ist; d.h., die o.g. Aussagen treffen für alle Altersgruppen und Bedingungen zu.

Die Übersicht über die Häufigkeiten der Verhaltensweisen läßt eine solche Differenzierung eher zu (vgl. Tab. 33); sie soll in der Diskussion der Befunde inhaltlich einbezogen werden.

6.5. EINFLUSS DER MENGENANORDNUNG

Die ruhenden Mengen wurden den Kindern lt. Muster-schlüssel (vgl. Tab. 22a) variiert vorgelegt; in erster Linie wurde damit beabsichtigt, eine Gewöhnung an eine bestimmte Anordnung pro Punktmenge zu umgehen, und den Unterschied zwischen ruhenden und sich bewegenden Mengen möglichst gering zu halten.

Dieses Vorgehen ermöglicht es, zusätzlich folgende Fragestellung bei Kindern von 3-6 Jahren zu untersuchen: Welchen Einfluß hat die Mengenanordnung ruhender Elemente auf die visuelle Mengenerfassung, insbesondere auf die Reaktionszeiten?

Zur Klärung dieser Frage wurden die Reaktionszeiten für bekannte und unbekannte Muster der Punkt-mengen $n = 2-7$ in jeder Altersgruppe auf signifikante Differenzen überprüft, sofern es die Vollständigkeit der Daten zuließ; zu den beiden Mustergruppen gehören folgende Konfigurationen:

- bekannte Muster: 3a, 4a, 5a, 6a und 7a;
 - unbekannte Muster: 3c, 4b, 5c, 6d und 7b;
- (vgl. dazu die Muster in Tab. 22a).

In die Auswertung wurden die absoluten Reaktionszeiten einbezogen und der Reaktionszeitmittelwert pro Altersgruppe und Punktmenge berechnet (Tab. 36; die RZ-Mittelwerte sind Urliste 4 im Anhang entnommen).

Tab. 36: Reaktionszeitmittelwerte für die Auswertung des Mustereinflusses auf die Mengenerfassung

ALTER	MUSTER	Punkt-mengen					
		2	3	4	5	6	7
3 J.	bekannt	120	252	547	454	627	776
	unbekannt	147	436	452	578	494	-
4 J.	bekannt	110	291	179	222	245	462
	unbekannt	100	273	289	571	679	763
5 J.	bekannt	107	141	248	279	333	551
	unbekannt	091	214	296	445	634	752
5 J.	bekannt	096	099	091	179	110	309
	unbekannt	089	103	183	357	380	473

Die Angaben für diese Tabelle sind Urliste 4 (Anhang) entnommen.

Anhand der Daten aus Urliste 4 wurden die Reaktionszeitmittelwerte und die Varianzen graphisch dargestellt; somit ist ein erster optischer Vergleich der Reaktionszeiten für bekannte und unbekannte Muster möglich (vgl. Fig. 16 auf der folgenden Seite).

Daraus ist vorab zu ersehen, daß die Reaktionszeiten für bekannte Konfigurationen kürzer als für unbekannte Muster sind; eine Ausnahme davon scheint für die 3-Jährigen (Punktmenge 4) und die 4-Jährigen (Punktmenge 3) zu bestehen; besonders große Differenzen sind bei folgenden Punktmengen je Altersgruppe zu beobachten:

- 3-Jährige: Punktmenge n = 3 und
- 4-6-Jährige: Punktmengen n = 5-7.

Diese beobachteten Reaktionszeitdifferenzen wurden je Altersgruppe und Punktmenge varianzanalytisch überprüft; die Ergebnisse dieser Auswertung befinden sich in Tab. 37.

Tab. 37: Ergebnisse des Konfigurationseinflusses auf die visuelle Mengenerfassung

ALTER	MENGE	QS-A	df	QS-f	df	F	F _{0,05}
3 J.	2	2 809,0	1	11 147,0	7	1,76	≤ 5,59
	3*	133 673,1	1	113 331,9	6	7,08	▷ 5,99
	4	36 195,1	1	104 203,4	7	2,43	≤ 5,59
	5	31 000,5	1	29 269,5	3	3,18	≤ 10,13
4 J.	2	360,1	1	2 335,4	6	0,93	≤ 5,99
	3	1 369,0	1	109 561,0	7	0,09	≤ 5,59
	4	35 970,8	1	52 593,8	5	3,42	≤ 6,61
	5*	427 700,6	1	87 436,9	6	29,35	▷ 5,99
	6*	536 766,8	1	71 132,8	5	39,63	▷ 6,61
	7*	181 503,1	1	40 577,4	3	13,42	▷ 10,13
5 J.	2	864,3	1	2 516,7	6	2,06	≤ 5,99
	3	20 880,3	1	35 724,8	7	4,09	≤ 5,59
	4*	59 671,1	1	52 048,9	6	6,88	▷ 5,99
	5*	109 892,3	1	133 298,8	7	5,77	▷ 5,59
	6	361 201,0	1	529 895,0	7	4,77	≤ 5,59
	7	141 202,6	1	295 291,4	6	2,87	≤ 5,99
6 J.	2	210,1	1	1 181,4	3	0,53	≤ 10,13
	3	76,6	1	1 994,1	7	0,27	≤ 5,59
	4*	33 580,6	1	32 828,9	7	7,16	▷ 5,59
	5*	126 736,0	1	123 204,0	7	7,20	▷ 5,59
	6*	291 060,3	1	83 306,8	7	24,46	▷ 5,59
	7	94 136,0	1	99 413,0	6	5,68	≤ 5,99

Abkürzung: * = bei den mit einem Stern bezeichneten Punktmengen ist die Differenz zwischen den RZ für bekannte und unbekannte Konfigurationen signifikant.

Danach besteht für die 3-Jährigen eine signifikante Differenz der Reaktionszeiten bei Punktmenge n = 3; berücksichtigt man die absoluten Reaktionszeiten, so bedeutet das: die bekannte Anordnung von Punktmenge 3

Fig. 16a: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte und der Varianzen für bekannte und unbekannte Konfigurationen

bekannt: ----- unbekannt:

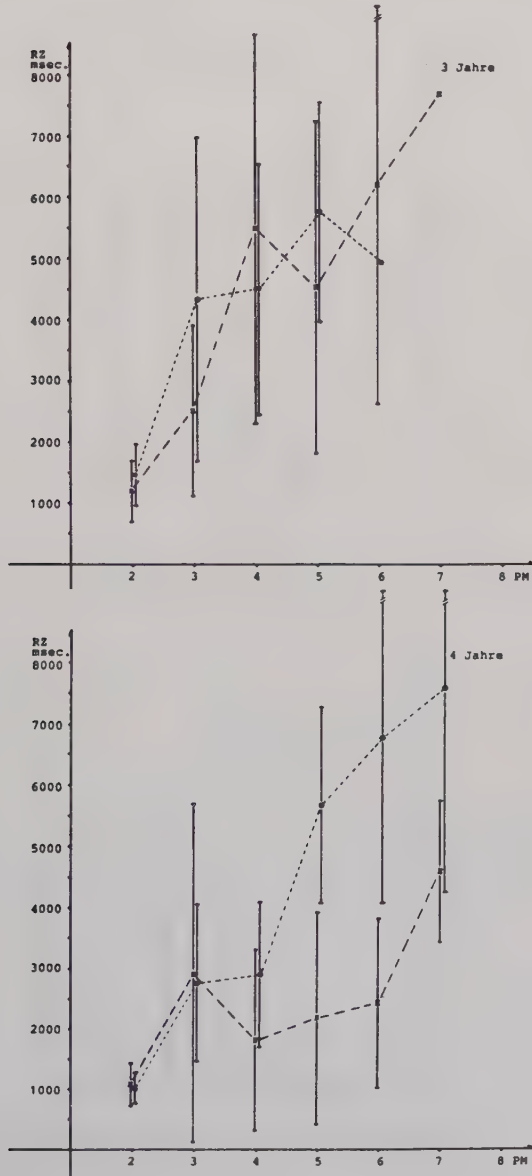
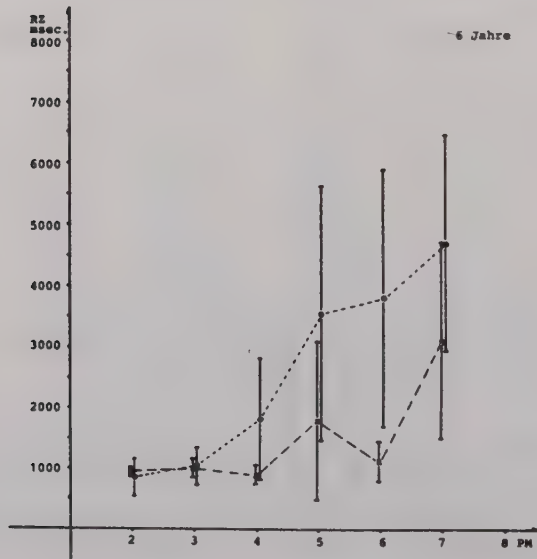
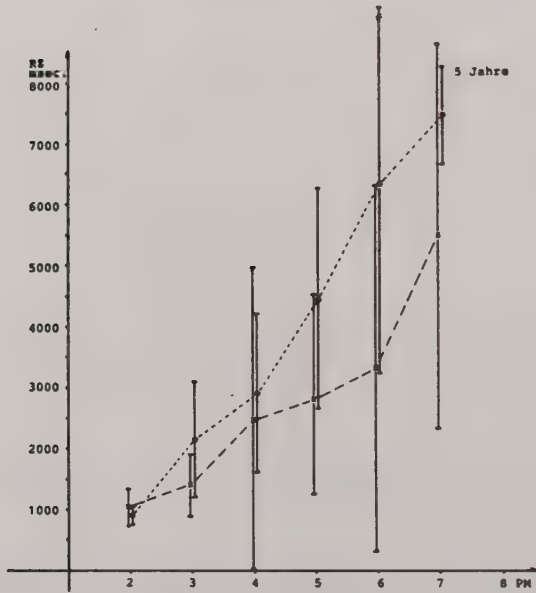


Fig. 16b: Graph. Darstellung der RZ-Mittelwerte und der Varianzen für bekannte und unbekannte Konfigurationen

bekannt: ----- unbekannt:



wird wesentlich schneller als das unbekannte Muster erfaßt.

Bedeutsame Unterschiede zwischen den Reaktionszeiten der Mustergruppen bestehen bei den 4-Jährigen für die Mengen $n = 5-7$, bei den 5-Jährigen für Mengen mit 4 und 5 Elementen und bei den 6-Jährigen für die Mengen $n = 4-6$.

Inhaltlich besagt das: bei diesen Punktmengen ist der Einfluß der Konfiguration auf die visuelle Mengenerfassung statistisch bedeutsam; bezieht man auch hier die absoluten Reaktionszeiten in die Aussage mit ein, so kann man feststellen: da die Reaktionszeitunterschiede bei den o.g. Punktmengen bedeutsam sind, kann man sagen, daß die bekannten Muster wesentlich schneller erfaßt werden als die unbekannten.

Für alle anderen Mengen konnte kein bedeutsamer Unterschied zwischen den Reaktionszeiten bezogen auf die Anordnung festgestellt werden.

Allgemein läßt sich aufgrund der Befunde sagen:

- ein durchgängiger Einfluß der Mengenanordnung auf die Reaktionszeiten konnte in keiner Altersgruppe für alle Punktmengen festgestellt werden;
- bei kleinerem Mengenumfang ($n = 2-3$) besteht so gut wie kein bedeutsamer Reaktionszeitunterschied zwischen bekannten und unbekannten Mustern (eine Ausnahme davon bilden die 3-Jährigen);
- erst mit größerem Mengenumfang ab $n = 4$ ist für bestimmte Punktmengen bei den 4-6-Jährigen eine bedeutsame Differenz festzustellen, die auf die unterschiedliche Mengenanordnung zurückzuführen ist.

7. DISKUSSION DER BEFUNDE

Mit der vorliegenden Untersuchung sollen hauptsächlich zwei Fragestellungen zur visuellen Mengenerfassung bei Kindern im Alter von 3 - 6 Jahren beantwortet werden, nämlich:

- kann das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR (1973 a) in beiden Teilen (s und c) auch auf Kinder unter 5 Jahren übertragen werden, und
- wie verändern sich die absoluten bzw. relativen Reaktionszeiten, wenn statt der ruhenden Punktmengen sich bewegende vorgelegt werden?

Hier sollen zunächst die Befunde in Bezug auf unsere erste Fragestellung referiert und diskutiert werden. Aus Vergleichsgründen - KLAHR (1973 a) und CHI und KLAHR (1975) arbeiteten ausschließlich mit ruhenden Vorgaben - wird die Diskussion vorerst auf die Ergebnisse mit ruhenden Mengen beschränkt. Die Veränderungen durch sich bewegende Mengen werden in einem zweiten Schritt verglichen und ausführlich besprochen.

KLAHRs (1973 a) Modell der visuellen Mengenerfassung besagt:

- Mengen bis zu 3 bzw. 4 Elementen werden auch von Kindern fehlerfrei erfaßt;
- der Anstieg der Reaktionszeiten für die Mengen $n = 1-3$ bzw. 4 unterscheidet sich deutlich von dem für Mengen mit mehr als 4 Elementen; die kleineren Mengen werden deutlich schneller erfaßt als die größeren, welche ausschließlich gezählt werden.

In Bezug auf die Fehlerquote bei ruhenden Mengen ist aus der vorliegenden Untersuchung folgendes festzustellen:

- die 3-5-Jährigen erfassen Mengen bis zu 3 Elementen

- (fast) fehlerfrei, die 6-Jährigen bis zu 4 Elementen; danach beginnen die Fehler, die mit steigenden Punktmengen stark zunehmen; die Zäsur liegt demnach für die Jüngeren (3-5 J.) zwischen $n = 3$ und 4, für die 6-Jährigen zwischen 4 und 5 Elementen;
- die weitere Fehlerauswertung bei steigender Punktmenge ergibt, daß die 3- und 4-Jährigen die Mengen eher unter-, während die 5- und 6-Jährigen sie eher überschätzen.

Die Ergebnisse decken sich im wesentlichen mit denen anderer Untersuchungen (vgl. Angaben Tab. 17): Kinder im Alter von 2;0 bis 13;0 Jahren bearbeiten bei gleicher Quote (100 % r.L.) 3 - 4 Elemente (fast) fehlerfrei, auch wenn diese mehrfach variiert wurden; die Kinder sind in der Lage, mengenirrelevante Veränderungen zu vernachlässigen.

Berichte über die visuelle Mengenerfassung bei Erwachsenen stellen als fehlerfrei verarbeiteten Mengenumfang $n = 5 \pm 1$ heraus.

In der Literatur wird unter dem Aspekt der Fehlerqualität im wesentlichen nach Unter- und Überschätzen differenziert: FREEMAN (1910) stellte fest, daß 6 - 14-Jährige die vorgelegten Mengen generell unterschätzen, die Erwachsenen hingegen durchgängig überschätzen; diese Tendenz bei Erwachsenen wurde von anderen Autoren noch genauer beschrieben: selbst bei kleineren Mengen ($n = 5$ und 7) überschätzen sie, aber bei größerem Umfang ($n = 8$ oder 10 und mehr) setzt das Unterschätzen wieder ein.

JENSEN (1950) hat nur einen unsystematischen Wechsel von Unter- und Überschätzen ab Punktmenge $n = 11$ beobachtet; dieser Befund wurde durch weitere Untersuchungen nicht bestätigt.

Insgesamt ergibt sich daraus eine einheitliche Aussage: kleinere Punktmengen werden von jüngeren Kindern eher unterschätzt; im Alter von 5 - 10 Jahren verändert sich

das Verhältnis zugunsten der Überschätzung; letztere wird bei Erwachsenen für den genannten Mengenumfang generell beobachtet.

Geht die Menge über $n = 10$ hinaus, so ist selbst bei Erwachsenen wieder ein Unterschätzen allgemein festzustellen.

Die Fehleranalyse enthält somit entsprechende Hinweise darauf, daß das Modell der visuellen Mengenerfassung nach KLAHR (op.cit.) auch auf Kinder unter 5 Jahren zutreffen könnte: Mengen bis zu 3 bzw. 4 Elementen werden (fast) fehlerfrei erfaßt, erst mit 5 und mehr Elementen beginnen die Fehler stark zuzunehmen; aufgrund dieses Sachverhaltes könnte man schon von einem 'fehlerfreien' Soforterfassungsbereich und einem 'fehlerhaften' Zählbereich im Sinne von KLAHR (1973 a) sprechen. Endgültig kann man aber erst dann davon ausgehen, wenn auch die Reaktionszeitanalysen diese Vermutung bestätigen.

Die Auswertung der Reaktionszeiten ergibt lineare Trends bei unterschiedlichem Mengenumfang für die einzelnen Altersgruppen (vgl. Tab. 38).

Tab. 38: Ergebnisse der linearen Trendanalyse und Regressionsberechnung bei ruhender Mengenvorgabe

ALTER	lin. Trend für Punktmengen	Intercept (msec.)	Slope (msec./Pkt.)
3 J.	2-6	-962	1316
4 J.	2-5	-1719	1409
5 J.	2-8	-911	866
6 J.	2-4	93	351

Die Angaben für diese Tabelle sind Tab. 29 entnommen.

Diskontinuitäten im linearen Trend der Reaktionszeiten sind bei den 3 - 5-Jährigen erst mit Punktmenge $n = 6$ festzustellen; für die 6-Jährigen besteht ein linearer

Trend der Reaktionszeiten bei den Mengen $n = 2 - 4$; danach tritt eine Zäsur ein; der Anstieg der Reaktionszeiten ist laut linearer Regression bei den 3- und 4-Jährigen 4 mal so groß, bei den 5-Jährigen 2 - 3 mal so groß wie bei den 6-Jährigen.

Letztere unterscheiden sich sowohl im linearen Trend wie in der Zunahme der Reaktionszeiten pro Element deutlich von den anderen Altersgruppen: der lineare Trend besteht für die Punktmengen $n = 2 - 4$ und die Steigung der Reaktionszeit beträgt nur 351 msec.

Das besagt zunächst: für die Jüngeren (3-5 J.) besteht aufgrund der Befunde ein durchgehender linearer Trend für kleinere und größere Mengen:

- für kleinere Mengen wurde der lineare Trend erwartet, allerdings mit wesentlich kürzeren Reaktionszeiten; die berechnete Steigung der Reaktionszeit pro Element ist extrem groß;
- der lineare Trend besteht zudem bei größeren Mengen fort, d.h., für Mengen mit mehr als 4 Elementen
 - ohne Zäsur: die Zunahme der Reaktionszeiten entspricht eher der für größere Mengen, da diese nach KLAHR (1973 a) und anderen schwerer zu erfassen sind; belegt wird dies auch mit dem Anstieg der Fehlerquote und dem Abzählen in diesem Mengenbereich (vgl. 'counting-range').

Wie läßt sich aber der lineare Trend für diese großen Mengenbereiche und die extrem langen Reaktionszeiten pro Element bei den Jüngeren erklären?

Bei Kleinkindern wurde eine allgemeine Zähl tendenz selbst bei kleineren Mengen ($n = 1-3/4$) nachgewiesen, sofern sie nicht durch entsprechende Vorkehrungen daran gehindert wurden (vgl. GELMAN, 1972; GELMAN und TUCKER, 1975); zudem korrelieren nach KLAHR (1973 a)

und CHI und KLAHR (1975) längere Reaktionszeiten deutlich mit dem langsameren Erfassungsmodus 'Abzählen'.

Geht man davon auch in unserer Untersuchung aus, so bedeutet das:

- die vorgelegten Punktmengen wurden unabhängig vom Umfang von den Kindern mehrheitlich gezählt; schnelleres Erfassen (vgl. 'subitizing') wurde - wenn überhaupt - nur selten angewendet;
- näherhin kann man annehmen: wenn auch 2 Elemente noch schnell erfaßt wurden, so wurden schon 3 Kugeln verstärkt abgezählt, was sich mit zunehmender Punktmenge immer mehr durchsetzt;
- das würde auf die Jüngeren wesentlich stärker zutreffen als für die älteren Kinder, d.h., mit zunehmendem Alter wird das Soforterkennen bei kleineren Mengen ($n = 2-4$) vermehrt bis ausschließlich eingesetzt (vgl. dazu die 6-Jährigen).

Nur so lassen sich die unterschiedlichen Mengenbereiche mit linearem Trend in der Reaktionszeit und der starke Anstieg der Reaktionszeiten/Element bei den 3 - 5-Jährigen sinnvoll erklären.

Nach all dem können wir davon ausgehen, daß bei den untersuchten Altersgruppen kein eindeutiger Wechsel in der Erfassung bei einer bestimmten Punktmenge erfolgt, wie CHI und KLAHR (1973 a) dies bei den 6-Jährigen in der Form des Subitizing und des Counting feststellen konnten; vielmehr ist davon auszugehen, daß es sich bei diesen um lineare Trends mit mehr 'Zählzeiten' handelt, wenn auch einige 'Soforterkennungszeiten' eingehen (vgl. dazu die Ausführungen von CHI und KLAHR, 1975 und SVENSON und SJÖBERG, 1978: sie konnten Punktmenge $n = 4$ nicht eindeutig einem der beiden Bereiche zuordnen; vermutlich weil diese Menge mal per Soforterkennen, mal per Zählen bearbeitet wurde).

Ganz anders verhält es sich bei den 6-Jährigen: der lineare Trend der Reaktionszeiten besteht für die Mengen $n = 2 - 4$; danach tritt eine Zäsur ein: die Steigung der Reaktionszeiten beläuft sich bis $n = 4$ auf 351 msec., bei größeren Mengen - in diesem Falle für $n = 5 - 7$ beträgt die durchschnittliche Steigung der Reaktionszeit (679 msec.) etwa das Doppelte.

In dieser Altersgruppe läßt sich ein deutlicher Unterschied anhand der Reaktionszeiten feststellen: kleinere Mengen werden wesentlich schneller als die größeren erfaßt.

Der Unterschied zwischen den 3 - 5-Jährigen und den 6-Jährigen wird noch deutlicher, sofern man die lineare Regression der Reaktionszeit für die Punktmengen $n = 2-4$ berechnet; dies ist aus Vergleichsgründen zwischen den Altersgruppen notwendig und möglich, da in allen Altersgruppen für die Reaktionszeiten dieser Punktmengen ein linearer Trend besteht. Die Ergebnisse befinden sich in Tabelle 39.

Tab. 39: Vergleich der Befunde (linearer Trend und Regression) von CHI et al. (1975) und KÜHN (1984)

AUTOREN/JAHR	VPN	STIMULUS- UMFANG	ANALYSE- UMFANG	INTERCEPT (msec.)	SLOPE (msec./Pkt.)
CHI et al. 1975	E:	1-10	1-3 4-10	495 -442	46 307
(5;0-6;5 J.)	K:	1-8	1-4 4-7	744 -1773	195 1049

KÜHN, 1984	K: 3 J.	2-8	2-6	-962	1316
	4 J.		2-5	-1719	1409
	5 J.		2-8	-911	866
	6 J.		2-4	93	351
			5-7	-414	679
	K: 3 J.	2-8	2-4	-2065	1780
	4 J.		2-4	-1838	1454
	5 J.		2-4	-1236	1014
	6 J.		2-4	93	351

Die Angaben hierfür sind Tab. 18, 29 und 30 entnommen.
Abkürzungen: E: = Erwachsene; K: = Kinder;

Der Vergleich der Befunde ergibt: die Zunahme der Reaktionszeiten pro Element ist für die 3-Jährigen ca. 5 mal, für die 4-Jährigen ca. 4 mal und für die 5-Jährigen ca. 3 mal so groß wie für die 6-Jährigen (351 msec.); die Differenz zwischen den 3 - 5-Jährigen beläuft sich auf ca. 300 - 400 msec., während sie zwischen den 5- und 6-Jährigen ca. 660 msec. beträgt.

Die extrem große Zunahme der Reaktionszeiten pro Element läßt sich wiederum nur dadurch erklären, daß die vorgelegten Punktmengen von den 3 - 5-Jährigen mehrheitlich gezählt wurden - und das umso mehr, je jünger die Versuchspersonen waren.

Dafür sprechen auch die Ergebnisse aus der Verhaltensbeobachtung; bei allem Vorbehalt (s. o. Hinweise in der Versuchsplanung) kann daraus entnommen werden, daß bei den 3 - 5-Jährigen selbst die kleineren Mengen mit 3 und 4 Elementen mehr Blickbewegungen während der Erfassung zu beobachten waren als bei den 6-Jährigen; diese Blickbewegungen wurden umso mehr beobachtet, je jünger die Kinder waren (Blickbewegungen entsprechen auch nach den Aussagen von KLAHR (1973 a) einem sukzessivem Bearbeiten (Zählen) mit längeren Reaktionszeiten).

Die Auswertung der Reaktionszeiten aller richtiger Lösungen (100 % Quote) ergibt bei Kindern (vgl. CHI und KLAHR, 1975; SVENSON et al., 1978) einen linearen Trend für die Mengen $n = 1 - 3$ bzw. 4; dabei handelt es sich um eine sehr schnelle Erfassung der Objektmengen, auch 'Sofort erfassen' genannt; der lineare Trend ist bei $n = 4$ bzw. 5 unterbrochen; für die Objektmengen $n = (4) 5 - 7$ läßt sich ein weiterer linearer Trend mit erheblich längeren Reaktionszeitzunahmen nachweisen; bezogen auf die Steigung werden diese Mengen von Kindern schnell abgezählt.

Nach SVENSON et al. (1978) und CHI et al. (1973) ist die Menge $n = 4$ keinem der beiden Trends eindeutig zuzuordnen; sie nehmen an, daß diese Menge mal per Sofort- erfassen, mal per Abzählen verarbeitet wurden.

Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit den Befunden von CHI und KLAHR (1975) liegt nahe, da sie auch mit Kindern im Alter von 5;0 - 6;5 Jahren experimentiert haben.

Die Gegenüberstellung der relativen Reaktionszeiten (Slope) ist nicht so aufschlußreich; anhand der Regressionswerte (Tab.39) lassen sich effektive Reaktionszeiten pro Punktmenge berechnen (vgl. Tab. 40); sie erleichtern den Vergleich.

Tab. 40: Effektive Reaktionszeiten in der visuellen Mengenerfassung bei Kindern

AUTOR/JAHR	Intercept (msec.)	Slope (msec./Pkt.)	Punkt m e n g e n			
			1	2	3	4
CHI et al. 1975 (5;0-6;5 J.)	744	195	939	1134	1329	1524
KÜHN, 1984; 6 J.	93	351	-	795	1146	1497
Differenz	-	-	-	339	183	27

AUTOR/JAHR	Intercept (msec.)	Slope (msec./Pkt.)	Punkt m e n g e n			
			4	5	6	7
CHI et al. 1975 (5;0-6;5 J.)	-1773	1049	2423	3472	4521	5570
KÜHN, 1984; 6 J.	-414	679	-	2981	3660	4339
Differenz	-	-	-	491	861	1231

Danach bestehen zwischen den Vergleichsgruppen größere Reaktionszeitdifferenzen bei den Punktmengen 2 und 3, aber mit Menge $n = 4$ wird der Unterschied minimal und unbedeutend (27 msec.); die größeren Reaktionszeitdif-

ferenzen können damit erklärt werden, daß bei CHI et. al. (1975) 5- und 6-Jährige und in unserer Untersuchung nur 6-Jährige in der Stichprobe vertreten waren: es ist nach den bekannten Befunden zu erwarten, daß eine Gruppe von 5- und 6-Jährigen die Mengen durchschnittlich langsamer als eine Gruppe nur 6-Jähriger erfassen.

Wir schließen daraus, daß sich die Befunde dieser Altersgruppe unserer Untersuchung mit denen aus der Literatur im wesentlichen decken.

Zusammenfassend stellen wir fest:

die Fehleranalyse enthält zwar Hinweise, daß das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR auch auf jüngere Kinder unter 5 Jahren übertragen werden könnte.

Diese Hinweise konnten aufgrund der linearen Trendanalyse der Reaktionszeiten und der Regressionsberechnung nicht bestätigt werden:

für die 3 - 5-Jährigen unserer Untersuchung konnte nachgewiesen werden, daß sie selbst kleinere Mengen zwar korrekt, aber nur sehr 'langsam' erfassen; diese langen Reaktionszeiten und die linearen Trends für Mengen über 4 Elemente hinaus können nur so erklärt werden, daß sie Punktmengen mit 2 - 8 Elementen mehrheitlich abzählen und wenig sofort erfassen; Hinweise aus der Analyse der Verhaltensbeobachtung sprechen ebenfalls dafür.

Eine Unterscheidung eines Sofortfassungsbereiches von einem Zählbereich wie bei KLAHR (1973 a) ist für diese Altersgruppen nicht möglich.

Die Ergebnisse für die 6-Jährigen bestätigen im wesentlichen die Befunde aus der Literatur: für diese Altersgruppe konnte - wenn auch mit anderen relativen

Reaktionszeiten - das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR in beiden Teilen nachgewiesen werden.

Des weiteren wurde von uns folgende Frage aufgeworfen: was geschieht bzw. wie verändern sich insbesondere die Reaktionszeiten, wenn den Kindern statt der ruhenden sich bewegende Punktmengen vorgelegt werden? Die Veränderung in der Mengenvorgabe wurde eingeführt, um Kindern - sie zählen ohnehin auch kleinere Mengen - das Abzählen zu erschweren, wenn nicht zu verhindern; sollte das gelingen, dann könnte man anhand der Befunde aus den Reaktionszeitanalysen ableiten, ob Kinder in diesem Alter (3-6 J.) auch auf eine andere Art Mengen erfassen; in Anlehnung an KLAHR (1973 a) würde das bedeuten: die Kinder können kleinere Mengen auch wesentlich schneller in der Form des 'subitizing' erfassen.

Zuvor wurde schon auf einige Probleme eines Reaktionszeit-Vergleiches zwischen ruhenden und bewegenden Punktmengen hingewiesen, wie z.B. auf die größere Zufälligkeit der Muster, die ständige Blickwinkelveränderung und die notwendigen Augenbewegungen während der Erfassung. Diese spezifischen Aspekte bei sich bewegenden Mengen lassen ebenfalls vermuten, daß die Reaktionszeiten für diese deutlich länger als für ruhende Mengen sein werden; dies würde für größere Mengen sicherlich noch stärker als für kleinere zutreffen.

Die Ergebnisse aus diesem Vergleich sollen referiert und ausführlich diskutiert werden.

Die allgemeine Fehleranalyse ergibt: bei ruhender Vorgabe erfassen die 3 - 5-Jährigen bis zu 3 Elementen und die 6-Jährigen bis zu 4 Elementen (fast) fehlerfrei; bei bewegten Mengen gibt es diesbezüglich in

zwei Altersgruppen Veränderungen: während die 3-Jährigen bis zu 3 Elementen fehlerfrei erfassen - unabhängig von der Vorgabe - sind es bei den 4-Jährigen nur noch 2 Elemente, ab $n = 3$ beträgt die Fehlerquote ca. 10 %; waren es für die 5-Jährigen bei ruhender Vorgabe noch 3 Elemente, so sind es unter bewegter Vorgabe bis zu 4 Elementen, die fehlerfrei bearbeitet werden; für die 6-Jährigen bleibt es bei den 4 Elementen, die unter beiden Bedingungen korrekt erfaßt werden.

Tab. 41: Ergebnisse der Fehleranalyse - korrekte Lösungen bis Punktmenge n_x und Fehlerquote

ALTER	VORGABE			
	ruhend		bewegt	
	n_x	F%	n_x	F%
3 J.	3	16,5	3	19,1
4 J.	3	12,7	2	16,2
5 J.	3	12,0	4	14,1
6 J.	4	11,4	4	15,0

Die Daten dazu sind Tab. 25 entnommen.

Wenn auch in allen Altersgruppen die Fehlerquote für bewegte Mengen größer als für ruhende ist, so sagt dies weniger über die korrekt erfaßten kleineren Mengenumfänge aus, sondern eher für die größeren: diese werden ab $n = 4$ (vgl. allgemeine Zäsur) sukzessiv oder schrittweise abgearbeitet (= zählen); das Zählen ist bei bewegter Vorgabe aus den o.g. Gründen erschwert.

Für die Tatsache, daß größere Mengen ab $n = 4$ schwerer zu bearbeiten sind, stehen auch die Fehlerquote der Altersgruppen: eine gegebene Punktmenge dieses Umfangs ist schwerer zu erfassen, wenn deren Elemente sich bewegen; das trifft umso mehr zu, je jünger die Versuchspersonen sind (vgl. Tab. 41).

Der Vergleich der Reaktionszeiten und die Unterschiede wurde pro Altersgruppe und Punktmenge nur da überprüft, wo aufgrund der Mittelwertdifferenz und der Varianz eine Signifikanz vermutet wurde.

Bei 2 Elementen sind in allen Altersgruppen keine oder kaum Mittelwertsunterschiede zu erwarten: das ergeben die Daten aus Urliste 1; es kann damit erklärt werden, daß diese Punktmenge immer als Endpunkte einer Linie erfaßt werden; eine Variation egal welcher Art hat auf die Erfassungszeit kaum einen Einfluß (vgl. auch die Befunde früherer Autoren). Erst ab 3 Elementen könnten größere Reaktionszeitdifferenzen auftreten.

Bei den 3-Jährigen sind die Reaktionszeitunterschiede für die Mengen $n = 3$ und 5 signifikant, und zwar in dem Sinne, daß die bewegten Mengen wesentlich schneller erfaßt wurden; von besonderem Interesse ist die Signifikanz bei Punktmenge 3, ein Mengenumfang, der von dieser Altersgruppe unter beiden Vorgabeformen so gut wie fehlerfrei erfaßt wurde.

Die Differenz der Reaktionszeiten kann nicht damit erklärt werden, daß bei ruhender Vorgabe die Mengen schon sehr schnell und bei bewegter noch schneller in der Form des Sofort erfassens bearbeitet wurden, vielmehr ist es zutreffender, daß die durchs Abzählen 'verfälschten' Reaktionszeiten bei der Vorgabe 'bewegt' erheblich bereinigt wurden, d.h., bewegte Mengen wurden sofort erfaßt und weniger gezählt.

Der bedeutsame Unterschied der Reaktionszeiten bei Punktmenge 5 hat verschiedene Gründe, zumal er nicht allein auf die Methode zurückzuführen ist:

- bei diesem Mengenumfang kann man davon ausgehen, daß er von den 3-Jährigen abgezählt wurde;
- zudem fallen schon bei ruhender Vorgabe einige Versuchspersonen aus; d.h., nur noch die sogenannten

- 'Besseren' bearbeiten diese Menge erfolgreich;
- wird das Abzählen durch sich bewegende Mengen noch erschwert, so scheiden wiederum einige Versuchspersonen aus, und die 'Besten' verbleiben in der Stichprobe (vgl. Urliste 1).

Von daher handelt es sich bei dieser Punktmenge um einen Vergleich von Reaktionszeiten mit ungleicher Anzahl und nicht identischen Versuchspersonen: es werden 'Bessere' mit 'Besten' verglichen. Das ist statistisch nicht vertretbar und würde zu falschen Schlußfolgerungen führen.

Doch nun zu den älteren Versuchspersonen: im Bereich bis zu 4 Elementen sind die Reaktionszeitdifferenzen zwischen ruhender und bewegter Mengenvorgabe nicht signifikant; auch vermutete Differenzen bei $n = 5$ sind in keiner Altersgruppe bedeutsam; erst mit Punktmenge $n = 6$ ist der Unterschied für die 5-Jährigen und bei Punktmenge $n = 7$ für die 6-Jährigen statistisch bedeutsam; es handelt sich dabei um Mengen, die ohnehin nach Aussagen von KLAHR (1973 a), CHI und KLAHR (1975) und SVENSON und SJÖBERG (1938) gezählt werden.

Wie lassen sich aber diese bedeutsamen Reaktionszeitdifferenzen erklären?

Die 5-Jährigen erfassen - wenn man die absolute Reaktionszeiten berücksichtigt - die bewegten Mengen langsamer als die ruhenden; das würde unserer Grundannahme entsprechen: Mengen dieser Größenordnung, deren Elemente sich bewegen, sind schwerer zu zählen, das bedeutet zudem, es dauert auch länger, bis die Menge erfaßt ist (vgl. die o.g. Gründe).;

bei den 6-Jährigen verhält es sich anders: die 7 Elemente werden ruhend langsamer als bewegt erfaßt; mit Blick auf die Reaktionszeiten wird deutlich, daß hier ebenfalls ungleiche Stichproben miteinander verglichen wurden: bei ruhender Vorgabe lösen noch alle Ver-

suchspersonen die gestellte Aufgabe erfolgreich; bei bewegter Vorgabe erfassen nur noch wenige 'Gute' schnell und korrekt die Menge, während die restlichen (bis zu 4 Versuchspersonen) versagen (missing data); das erklärt hinreichend die Signifikanz; somit ist festzustellen: eine Aussage, daß 6-Jährige bewegte Mengen mit 7 Elementen schneller als ruhende erfassen, entbehrt jeglicher Grundlage; vielmehr besagen diese Angaben für den Reaktionszeitunterschied: Mengen dieses Umfanges sind selbst von 6-Jährigen bewegt schwerer als ruhend zu bearbeiten, da so viele Versuchspersonen dieser Altersgruppe unter den genannten Bedingungen/Voraussetzungen versagen.

Die Ergebnisse aus der linearen Trendanalyse der Reaktionszeiten und der Regressionsberechnung für ruhende und bewegte Mengen enthält Tabelle 42.

Tab. 42: Ergebnisse der linearen Trendanalyse und Regressionsberechnung bei ruhender und bewegter Vorgabe

ALTER	VORGABE:	RUHEND		BEWEGT	
		lin. Tr.	Slope	lin. Tr.	Slope
3 J.		2-6	1316	2-4	1234
4 J.		2-5	1409	2-5	1164
5 J.		2-8	866	2-6	1226
6 J.		2-4	351	2-5	506

Die Daten dazu sind Tab. 29 entnommen.

Die Mengenbereiche der linearen Trends unterscheiden sich in 3 Altersgruppen, mal sind sie bei bewegter Vorgabe größer, mal kleiner als bei ruhender. Eine Interpretation nur auf der Basis der verschiedenen linearen Trendbereiche erscheint nicht angemessen und sinnvoll; von daher beschränken wir den Vergleich der Befunde in diesem Auswertungsmodell - wie zuvor schon - auf die Ergebnisse für die Mengen

$n = 2 - 4$; eine weitergehende Analyse der Reaktionszeiten für bewegte Punktmengen $n = 5 - 7$ bzw. 8 ist wegen fehlender Daten (Ausfall der Versuchspersonen) nicht möglich.

Wenden wir uns jetzt den Resultaten aus der linearen Trend- und Regressionsanalyse für die Punktmenge $n = 2 - 4$ zu; mit Ausnahme der 5-Jährigen wird die Steigung der Reaktionszeit/Element bei sich bewegenden Mengen deutlich geringer; das bedeutet: sich bewegende Mengen dieses Umfanges ($n = 2 - 4$) werden schneller als ruhende erfaßt; für die 5-Jährigen verhält es sich anders: die Steigung der Reaktionszeit/Element ist bei bewegter Vorgabe um 15 msec. größer; diese Differenz ist nicht groß genug, um daraus allgemein zu schließen, daß bewegte Mengen in diesem Bereich von dieser Altersgruppe generell langsamer erfaßt werden; sie ist eher in dem Sinne zu vernachlässigen, daß ruhende und bewegte Mengen etwa gleichschnell bzw. - langsam erfaßt werden.

Diese Befunde stehen zunächst im Widerspruch zu unserer Annahme, bewegte Mengen sind schwerer zu erfassen als ruhende (vgl. dazu höherer Variationsgrad und größere Zufälligkeit der Muster, ständig veränderter Blickwinkel und laufend notwendige Blickbewegungen etc.; s.a. KLAHR, 1973 a). Diese Hinweise besagen letztlich: die relativen Reaktionszeiten (speziell Zunahme/Element) müßten für bewegte Vorgaben größer als für ruhende sein.

Berücksichtigt man ferner, daß in diese Auswertung nur Reaktionszeiten für kleinere Mengen eingingen, so wäre zumindest ein kleinerer Unterschied der Reaktionszeiten im o.g. Sinne zu erwarten. Das ist offenbar nicht der Fall!

Wie kommt es dann zu dieser qualitativen Veränderung der Ergebnisse?

Die längeren Reaktionszeiten, die qua Methode 'Bewegung' erwartet wurden, können nur durch die Art der Erfassung kompensiert worden sein: es kann einerseits bedeuten, daß die Objektmengen unter dieser Bedingung schneller als bei ruhender Vorgabe gezählt wurden, oder andererseits, es wurde die Form der Verarbeitung grundsätzlich geändert, was in der Mehrzahl der Fälle wahrscheinlich ist; das bedeutet, die sich bewegenden Mengen ($n = 2 - 4$) wurden weniger gezählt und mehr sofort erfaßt.

Für Punktmenge 2 ist das allerdings nicht zu erwarten, da für diesen Mengenumfang die absoluten Reaktionszeiten ohnehin schon sehr kurz sind (vgl. Fig. 11 a u. b und Urliste 1).

Anhaltspunkte für diese Interpretation enthält auch die Auswertung der Verhaltensbeobachtung: das prozentuale Verhältnis von Versuchen 'ohne' und 'mit Blickbewegungen' verändert sich zugunsten des schnelleren Erfassens ohne Blickbewegungen; Pointing, Kopfnicken und offenes Abzählen nehmen deutlich zu (vgl. Tab. 43).

Tab 43: Anzahl der Versuche (und Quoten) 'ohne-' und 'mit Blickbewegungen' für $n = 2 - 4$

ALTER	BLICKBEWEGUNGEN	VORGABE			
		ruhend		bewegt	
		n	%	n	%
3 J.	ohne	38	45,8	83	59,3
	mit	45	54,2	57	40,7
4 J.	ohne	44	47,8	91	64,1
	mit	48	52,2	51	35,9
5 J.	ohne	50	56,2	104	64,2
	mit	39	43,8	58	35,8
6 J.	ohne	84	87,5	126	93,3
	mit	12	12,5	9	6,7

Die Angaben dazu sind Tab. 33 entnommen.

Eine Auswertung der Reaktionszeiten für die größeren Punktmengen wurde aus folgenden Gründen nicht vorgenommen: bei bewegter Vorgabe versagen ab 5 bzw. 6 Elementen wesentlich mehr Versuchspersonen als bei

ruhenden Mengen; damit ist eine statistisch vertretbare Analyse nicht mehr möglich; allerdings kann daraus begründet angenommen werden, daß ab 5 Elementen sich bewegende Objekte schwerer zu erfassen sind, d.h., die Steigung der Reaktionszeiten würde sehr wahrscheinlich größer ausfallen - entsprechend unserer Hypothese.

Vergleicht man die Daten zum Verhalten während des Versuches der Altersgruppen untereinander, so ist die geringe, aber stetige Zunahme des "Sofort erfassens" bei den 3 - 5-Jährigen zu beobachten. Zwischen den 5- und 6-Jährigen ist ein deutlicher Sprung in der Quote von 64 % auf 93 % für besonders schnelles Erfassen ohne Blickbewegungen (vgl. Tab. 43). Wir schließen daraus, daß in diesem Altersbereich ein deutlicher Entwicklungsschritt stattfindet.

Dazu gehört auch der Altersgruppenvergleich der linearen Trends bei Mengen von $n = 2 - 4$, bzw. der entsprechenden Reaktionszeiten-Zunahme/Element:

unter beiden Vorgaben heben sich die 6-Jährigen mit deutlich kürzeren Reaktionszeiten von den übrigen Altersgruppen ab; bei ruhenden Mengen ist ein fast stetiger Rückgang der Steigung mit zunehmendem Alter zu verzeichnen (vgl. dazu Fig. 14); bei sich bewegenden Mengen nähern sich die relativen Reaktionszeiten (Slope) der 3 - 5-Jährigen stark zueinander (Konvergenz), während die Differenz zwischen den 5- und 6-Jährigen größer wird (vgl. Tab. 32).

Danach läßt sich die Frage, welche Auswirkungen die veränderte Mengenvorgabe auf die Reaktionszeiten hat, folgendermaßen beantworten:

- für kleinere Mengen konnte nachgewiesen werden, daß bei bewegter Vorgabe die relativen Reaktionszeiten kleiner (bei den 5-Jährigen gleich) sind als bei ru-

henden Punktmengen;

- die Differenz der Reaktionszeiten wird bei steigender Punktmenge bis zu 4 Elementen größer, nicht geringer wie ursprünglich angenommen;
dieser Sachverhalt läßt sich unter Bezug auf die anderen Auswertungsschritte und die Modellannahmen von KLAHR (1973) folgendermaßen erklären: bei ruhender Vorgabe handelt es sich nicht um die 'wahren' Reaktionszeiten, sondern diese sind - je jünger die Versuchspersonen, umso stärker - durch unnötiges Abzählen verfälscht; mit der Vorgabeänderung mit sich bewegenden Mengen - ist es möglich, das Abzählen zu einem erheblichen Teil zu verhindern, d.h., die Kinder verwenden unter dieser Bedingung häufiger - wenn auch nicht ausschließlich - als schnellere Verarbeitungsform das Sofort erfassen (subitizing);
- zur Analyse der Reaktionszeiten für größere Mengen stehen besonders für die 3- und 4-Jährigen nur wenige Versuche zur Verfügung: größere Punktmengen werden bei ruhender Vorgabe noch erfolgreich erfaßt, während bei bewegten Mengen bis zur Hälfte der Versuchspersonen und mehr versagen, und das schon ab 6 Elementen; wenn auch die Reaktionszeiten deshalb nicht entsprechend ausgewertet werden konnten, so kann man aufgrund dieser Angaben, der Fehleranalyse und der Verhaltensbeobachtung (Versuche mit und ohne Blickbewegungen) folgendes begründet annehmen:
größere Punktmengen sind schwerer zu erfassen, wenn sie sich bewegen; es ist wahrscheinlich, daß die Reaktionszeiten für bewegte Mengen länger sein werden als für ruhende (vgl. dazu die o.g. Gründe, zudem das Mengen dieser Größenordnung von allen Altersgruppen - auch von Erwachsenen - gezählt werden; dieser Zusammenhang ist umso stärker, je größer die Punktmenge ist).

Die Resultate aus dem Vergleich zwischen ruhenden und bewegten Objekten enthalten auch Aussagen zur Beantwortung der ersten Fragestellung: Ist das Modell zur visuellen Mengenerfassung von KLAHR (1973 a) in beiden Teilen auf Kinder unter 5 Jahren übertragbar?

Es kann folgendes dazu festgestellt werden:

- das Modell von KLAHR läßt sich in seiner klaren und eindeutigen Struktur und seinen inhaltlichen Aussagen in beiden Teilen nicht auf jüngere Kinder übertragen;
- dennoch lassen sich folgende Aussagen machen:
in jeder Altersgruppe konnten beide Erfassungsformen beobachtet und nachgewiesen werden; besonders im Vergleich der relativen Reaktionszeiten für ruhende und bewegte Punktmengen kleineren Umfanges läßt sich die geringere Steigung der Reaktionszeiten für bewegte Mengen nur so erklären, daß die Kinder aller Altersgruppen ganz oder teilweise das Abzählen zugunsten der schnelleren Sofortterfassung aufgaben;
- anders verhält es sich bei größeren Mengen: diese werden ohnehin auch von Erwachsenen gezählt; bei diesen Mengenumfängen, die ruhend noch erfolgreich bearbeitet werden, versagen bei Hälfte der Versuchspersonen und mehr unter der Bedingung 'bewegte Mengen': das ausschließliche Abzählen sich bewegender Objekte ist wesentlich schwerer, wenn nicht ab einem bestimmten Mengenumfang für die genannten Altersgruppen unmöglich (s.o.).

Alles in allem bedeutet das: Kinder - auch die unter 5 Jahren - verfügen schon über beide von KLAHR näher bestimmten Teiloperationen der visuellen Mengenerfassung: dem Sofortterfassen und dem Abzählen, setzen aber - sofern nicht daran gehindert - vornehmlich das Abzählen ein; erst wenn das erschwert wird, wechseln sie bei kleineren Mengen ganz oder teilweise zum Sofortterfassen.

- Erst bei den 6-Jährigen konnten wir das Modell von KLAHR eindeutig bestätigt finden, wenn auch mit etwas anderen Reaktionszeiten.

Die Auswertung der Fragestellung - Einfluß der Mengen-anordnung auf die visuelle Mengenerfassung - ergab folgende Befunde:

- ein genereller Einfluß der Anordnung bei allen Mengen auf die visuelle Mengenerfassung konnte nicht festgestellt werden;
- bei kleineren Mengen ($n = 2 - 3$) waren die Reaktionszeitunterschiede zwischen bekannten und unbekannten Anordnungen nicht statistisch bedeutsam (Ausnahme bilden die 3-Jährigen bei Punktmenge 3);
- erst bei größerem Mengenumfang ab $n = 4$ waren die Reaktionszeitdifferenzen zwischen den Vergleichsmustern signifikant, und zwar:

Tab. 44: Signifikante Reaktionszeit-Differenzen im Mustervergleich bei Punktmenge n_x

ALTER	ANALYSEUMFANG	PUNKTMENGE n_x
3 J.	2-5	3
4 J.	2-7	5-7
5 J.	2-7	4-5
6 J.	2-7	4-6

vgl. dazu Tab. 37

- sofern die Differenzen der Reaktionszeiten signifikant sind, werden die bekannten Konfigurationen von jeder Altersgruppe schneller als die unbekannten erfaßt.

Wie lassen sich diese Ergebnisse erklären?

Wie zuvor schon mehrfach erwähnt ist die Variation der Anordnung bei 2 oder 3 Elementen sehr eingeschränkt: figural bilden 2 Elemente immer die Endpunkte einer gedachten Linie, 3 Punkte bilden ein wie auch immer geartetes Dreieck, selten eine Linie; von daher ist es

kaum zu erwarten, daß sich die Reaktionszeiten dieser Mengenanordnungen unterscheiden; das wird auch durch die statistische Überprüfung bestätigt (Ausnahme der 3-Jährigen bei Punktmenge $n = 3$).

Erst mit zunehmendem Mengenumfang ab $n = 4$ kann die Anordnung mehrfach verändert werden (vgl. dazu auch die Muster auf dem Protokollbogen - ruhend -); das bedeutet letztlich: die unbekannten Muster unterscheiden sich optisch deutlich von den bekannten Würfel- oder Dominomustern. Damit lassen sich auch die Reaktionszeitunterschiede zwischen den bekannten und unbekannten Muster bei den 4 - 6-Jährigen eher erklären: sie treten mit Punktmenge $n = 4$ erst auf und bestehen auch für Mengen bis zu 6 oder 7 Elementen.

Ein weiterer Hinweis kann den Daten aus der Verhaltensbeobachtung entnommen werden, die während der Versuche durchgeführt wurde. Die Hauptkategorien beziehen sich auf 'Versuche ohne Blickbewegungen' und auf 'Versuche mit Blickbewegungen' während der Erfassung.

Nach KLAHR (1973 a) entsprechen die Versuche mit nur einer Fixierung (= ohne Blickbewegungen) eher dem sehr schnellen Erfassen 'subitizing', während Versuche mit mehr als einer Fixierung (mit Blickbewegungen) eher dem Abzählen (counting) zuzurechnen sind.

Übertragen auf unsere Überlegungen müßten in der Bearbeitung bekannter Muster viele Versuche ohne Blickbewegungen registriert worden sein, während bei unbekannten Mustern viele mit Blickbewegungen auftreten müßten. Dazu vergleichen wir die Beobachtungsdaten bei den 6-Jährigen (vgl. Tab. 45):

Tab. 45: Anzahl der Versuchspersonen, die 'ohne Blickbewegungen' die Menge im Mustervergleich bearbeitet haben

BLICKBEWEGUNGEN	MUSTER	PUNKTMENGEN					
		2	3	4	5	6	7
ohne	bekannt	4	8	8	7	8	2
ohne	unbekannt	3	8	5	1	1	1

(vgl. dazu Urliste 4 im Anhang)

Daraus ist zu entnehmen, daß unsere Vermutung zutrifft: größere Mengen mit bekannten Anordnungen werden ganz anders erfaßt als unbekannte, nämlich fast nur durch Sofort erfassen; unbekannte Mustermengen werden dagegen ab $n = 4$ mehrheitlich gezählt.

Das erklärt noch nachhaltiger, weshalb es zu den signifikanten Reaktionszeitunterschieden für die Punktmengen $n = 4 - 6$ bei den 6-Jährigen kommt.

Für die anderen Altersgruppen der 4- und 5-Jährigen nehmen wir für die Punktmengen mit bedeutsamen Reaktionszeitunterschied ähnliches an.

Alles in allem sehen wir mit dieser Erklärung der Befunde für den Konfigurationseinfluß auch Anhaltspunkte für die Modellannahme zur visuellen Mengenerfassung von KLAHR (1973 a) gegeben.

Die Bedeutung der Konfiguration auf die visuelle Mengenerfassung ist schon in früheren Untersuchungen bei Kindern und Erwachsenen nachgewiesen worden. Als Erklärungsmodell dient das Konzept der 'figuralen Güte' aus der Gestaltpsychologie; es besagt: die Anordnung der zu erfassenden Objekte ist bedeutsam; unter den Konfigurationen gibt es u.a. prägnante und/oder bekannte Muster, die besonders schnell und leicht verarbeitet werden können, was für andere Anordnungen bei gege-

bener Punktmenge nicht zutrifft (vgl. u.a. SIMONS et al., 1982a).

Schon WARREN (1897) wies darauf hin, daß reguläre Muster leichter als irreguläre zu erfassen sind; NANU (1904) stellte eine Rangfolge nach Schwierigkeitsgrad der Konfigurationen auf, vermutet aber, daß die Differenzen auch in den Beobachtern liegen könnten und unterscheidet eine 'synthetischen' und 'analytischen' Verarbeitungstyp. Bei GLANVILLE et al. (1929) sehen wir in der Unterscheidung zwischen einem 'mittelbaren' und 'unmittelbaren' Verarbeitungstyp Parallelen zu NANU: darin kann implizit schon eine Unterscheidung nach den Erfassungsmodi 's' und 'c' enthalten sein.

Erst MANDLER et al. (1982) und SIMONS et al. (1982a) finden diesbezüglich mittels einer verfeinerten Meß- und Auswertungsmethode weitere Klärung: für die Punktmenge $n = 1-2$ (100% r.L.) ist nach MANDLER et al. unbedeutend, ob die Anordnung der Elemente bekannt oder unbekannt ist; bei einer Genauigkeitsquote von 50% r.L. finden sie einen Sofortfassungsbereich für bekannte Muster von $n = 1-6$, für unbekannte nur noch von $n = 1-5$; d.h. zum einen: die Konfiguration nimmt mit zunehmender Objektmenge Einfluß auf die Reaktionszeiten; zum anderen schließen sie daraus auf einen 'Prozeß der Mustererkennung' in diesem Mengenbereich; er ermöglicht die sehr schnelle und genaue Erfassung der Mengen. Dieser Prozeß der Mustererkennung wird von Erwachsenen sehr gut beherrscht, von Kindern dagegen nur sehr bedingt.

Demgegenüber kommen SIMONS et al. (1982a) zu etwas anderen Befunden: innerhalb des von ihnen definierten Sofortfassungsbereiches von $n = 1-3(4)$ findet sich kein signifikanter Einfluß der Konfiguration auf die Reaktionszeit. Erst mit Punktmenge $n = 5$ beobachten sie kleine Differenzen, und zwar in der Zunahme der

Reaktionszeiten und ihrer Varianzen und der Fehlerquote; da sie aber Anhaltspunkte für sogenannte 'schwere 4' und auch für eine 'leichte 5' erhalten, schließen sie auf den Einfluß der Anordnung, die eine besondere 'figurale Güte' beinhalten kann.

Zusammenfassend stellen wir fest: nicht ausschließlich der Mengenumfang, sondern auch die Anordnung der Elemente (= Konfigurationen) beeinflussen nachhaltig die visuelle Mengenerfassung (Reaktionszeiten); legt man die o.g. Befunde zugrunde und interpretiert sie mit Rücksicht auf das Konzept der 'figuralen Güte', so kann man von einem 'Prozeß der Mustererkennung' ausgehen, der das Erfassen kleinerer wie größerer Mengen besonders schnell ermöglicht.

Die Befunde unserer Untersuchung bestätigen dieses Konzept: bei kleineren Mengen von $n = 2 - 3$ finden wir keinen signifikanten Einfluß der Konfigurationsvariablen - mit Ausnahme der 3-Jährigen; erst ab Punktmenge $n = (4) 5$ finden wir bedeutsame Differenzen in der Reaktionszeit für bekannte und unbekannte Muster.

Autoren, die den Konfigurationseinfluß auf die visuelle Mengenerfassung bei Kindern untersucht haben, kommen zu ähnlichen Befunden wie wir, auch wenn sie noch nicht valide zwischen den Erfassungsformen unterscheiden haben; sie stellen Rangfolgen der Muster nach Schwierigkeitsgraden auf (vgl. KLAHR, 1973 a; FREEMAN, 1910; BECKWITH et al. 1966) BECKMANN untersuchte an 3;6 - 5;6-Jährigen bei einem Mengenumfang von $n = 2-5$ diese Frage und fand keinen bedeutsamen Einfluß der Musteranordnung bestätigt; die Ergebnisse von KLAHR (1973 a), SIMONS (1982) und KÜHN (1984) können diese Aussage erklären: da die Mengen dieser Größenordnung mehrheitlich sehr schnell und korrekt erfaßt werden, wie inzwischen festgestellt wurde, können auch kaum signifikante Einflüsse der Konfiguration gefunden wer-

den, schon gar nicht bei Kindern, deren Reaktionszeiten selbst bei kleineren Mengen noch erhebliche Varianzen aufweisen.

Wir stellen in diesem Zusammenhang fest: in Bezug auf den nachgewiesenen Einfluß der Konfigurationen unterscheiden sich die Kinder nicht prinzipiell von den Erwachsenen; der Unterschied besteht graduell in der Bearbeitungsdauer (langsamer) bei weniger Elementen ($n_{\max} = 4 + 1$).

Auf dem Hintergrund der Diskussion der Befunde stellen sich zwei weitergehende Fragen:

1. Wie sind die sehr großen absoluten und relativen Reaktionszeiten bei den Kleinkindern überhaupt zu erklären?
2. Wie entwickelt sich die visuelle Mengenerfassung bei Kindern unter 5 Jahren, näherhin: welche Erfassungsform - sofort erfassen oder Zählen - ist zuerst vorhanden?

Vergleicht man die relativen Reaktionszeiten von Kindern und Erwachsenen bei ruhender Mengenvorgabe, so lassen sich drei Gruppen unterscheiden, wie aus Tabelle 46 zu ersehen ist.

Tab. 46: Relative Reaktionszeiten bei kleineren ($n = 1 - 4$) und größeren Mengen ($n = 5 - 8$ bzw. 10)

ALTER	REL. REAKTIONSEITEN (msec./Pkt.)	
	$n = 1-4$	$n = 5-8/10$
3-5 J.	1000-1800	700 (nur 5 J.)
6-8 J.	200-350	700
Erwachsene	50-70	250-350

Die Angaben dazu sind Tab. 11 und 18 entnommen.

Die Jüngsten (3 - 5 J.): die Steigung der Reaktionszeit für die Jüngsten ist ca. 5 mal so groß wie bei den 6 - 8-Jährigen, und zu den Erwachsenen ca. 20 - 25 mal so groß; d.h., diese Unterschiede sind extrem.

Diese Differenzen in der Reaktionszeitzunahme zwischen den 'Leistungsgruppen' ist für größere Mengen ($n = 5 - 8$ (10)) nicht so extrem: zwar versagen die 3 - 4-Jährigen bei der Erfassung dieser Mengen (missing data) und gehen deshalb nicht in die statistische Auswertung ein, aber zwischen den 5- und 6-Jährigen besteht so gut wie kein Unterschied: die Reaktionszeitzunahme beläuft sich in beiden Gruppen auf ca. 700 msec.; das ist ungefähr das Doppelte wie bei den Erwachsenen (ca. 250 - 350 msec.).

Alles in allem ist die relative Reaktionszeit für kleinere Mengen ($n = 1 - 4$) bei den 6 - 8-Jährigen fast so groß wie die Reaktionszeitzunahme für das Erfassen größerer Mengen ($n \geq 5$) durch Erwachsene.

Der Unterschied zwischen Erwachsenen und Kleinkindern (3 - 5 J.) ist noch größer: die Reaktionszeitsteigung beim Erfassen kleinerer Mengen nimmt ca. um das Fünffache der Reaktionszeiten von Erwachsenen zu.

Das führt zu folgenden Überlegungen, in die auch die Befunde anderer Autoren aus früheren Untersuchungen einbezogen werden:

- bei den extrem großen Steigungen der 3 - 5-Jährigen für das Erfassen kleinerer Mengen ($n = 1 - 4$) kann es sich nicht um die 'wahre', sondern nur um eine 'verfälschte' Reaktionszeit handeln;
- in diese 'verfälschten' Reaktionszeiten gehen folgenden Faktoren ein:
 1. die Erfassung wechselt selbst bei kleineren Mengen zwischen c und s, wobei das Abzählen überwiegt (vgl. Abzähl tendenz bei Kleinkindern; BECKMANN, 1924; GELMAN, 1972; GELMAN und TUCKER, 1975; CHI und KLAHR, 1975).
 2. Blickbewegungen, die während des sukzessiven Erfassens zwangsläufig auftreten, vergrößern ebenfalls die relativen Reaktionszeiten (vgl. KLAHR, 1973 a);

3. nicht zuletzt bildet das Benennen der Menge für Kleinkinder eine besondere Schwierigkeit; CHI (1977, 271) hat darauf hingewiesen, daß Kinder 2 - 3 mal soviel Zeit zum Benennen der gegebenen Objekte ($n = 1 - 5$) wie Erwachsene verwenden; das Verhältnis fällt umso ungünstiger aus, je jünger die Kinder sind; dafür spricht auch unsere Beobachtung: Kleinkinder können die Anzahl viel schneller mit den Fingern zeigen als benennen.

Die Aussagen erklären unseres Erachtens die extrem langen Reaktionszeiten und bestätigen die allgemein beobachtete Abzähltendenz bei Kleinkindern. Damit ist aber nicht erwiesen, daß Kleinkinder nicht über die andere Teiloperation der visuellen Mengenerfassung bei kleinerem Umfang ($n = 1 - 4$) verfügen. Gerade die Abnahme der durchschnittlichen Reaktionszeiten (Slope) pro Element bei sich bewegenden Mengen ist nur dann zu verstehen, wenn man davon ausgeht, daß diese Altersgruppe die Art der Erfassung mehrfach - wenn auch nicht ganz - gewechselt hat: da bei bewegter Vorgabe das Abzählen ungleich schwerer wird, gehen die Kinder gerade bei kleineren Mengen zum schnelleren Sofort erfassen über.

Dabei ist der Reaktionszeit-Anteil des Zählens und der Blickbewegungen geringer; das Benennen wird durch diese Veränderung in der Vorgabe nicht berührt; die Zeiten, die darauf zurückzuführen sind, gehen weiter in die zum Teil 'bereinigte' Reaktionszeit ein.

Somit kann man davon ausgehen, daß Kleinkinder über beide Teiloperationen der visuellen Mengenerfassung verfügen (vgl. KLAHR, 1973 a); sie wenden allerdings vorrangig das Abzählen an, sofern sie nicht daran gehindert werden. Die Frage, weshalb sie 'lieber' abzählen anstatt schnell zu erfassen, muß an dieser Stelle unbeantwortet bleiben.

Des weiteren wurde die Entwicklung der visuellen Mengenerfassung kontrovers diskutiert, speziell die Frage, ob zuerst das Abzählen oder das Sofort erfassen vor-

handen ist.

Einige Autoren (BECKMANN, 1924; BECKWITH und RESTLE, 1966; GELMAN, 1972; GELMAN und TUCKER, 1975; CHI und KLAHR, 1975) gehen davon aus, daß selbst Kleinkinder (2 - 3 J.) kleinere Mengen ($n = 1 - 3$ (4)) bereitwillig zählen, aber bei Mengen ab $n \geq 7$ verweigern.

Sie scheinen das Abzählen nicht zählenden Prozessen wie z.B. dem Sofort erfassen allgemein vorzuziehen.

Die Ergebnisse von STARKEY und COOPER (1978) führen zunächst zu gegenteiliger Ansicht: das Sofort erfassen ist wesentlich früher entwickelt als das Zählen.

Dafür spricht vor allem, daß Säuglinge, die mit Sicherheit noch nicht zählen können, Mengen von 2 und 3 Elementen unterscheiden konnten, was ihnen bei Mengen mit 4 und 6 Elementen nicht mehr gelang.

Die Frage läßt sich auch auf der Basis unserer Befunde nicht abschließend beantworten, da wir Kinder im Alter von 3 - 6 Jahren aber nicht darunter untersucht haben.

Aus den Ergebnissen zur visuellen Mengenerfassung bei Kleinkindern gibt es deutliche Hinweise dafür, daß Säuglinge und Kinder unter 3 Jahren kleinere Mengen bis zu 3 Elementen sehr schnell und korrekt erfassen, aber in dem Alter bei größeren Mengen dazu nicht in der Lage sind. Das wird erst möglich mit der Entwicklung eines entsprechenden Zahlenverständnisses und der Zählfähigkeit (vgl. GELMAN und GALLISTEL, 1978 : arithmetisches Denken). Daß das schon mit 3 Jahren hinreichend entwickelt ist, hat u.a. auch unsere Untersuchung gezeigt.

Insofern vertreten GELMAN und GALLISTEL (1978) folgenden Standpunkt zu Recht: Kinder und Erwachsene unterscheiden sich in Bezug auf ihre kognitiven Kompetenzen im Bereich der visuellen Mengenerfassung nicht grundsätzlich oder qualitativ voneinander, sondern nur gra-

duell: der Unterschied liegt darin, daß Kinder dieselben Fähigkeiten noch nicht so schnell, generell und flexibel einsetzen können.

Noch deutlicher wird es anhand folgender Befunde aus unserer Untersuchung:

- das Modell der visuellen Mengenerfassung nach KLAHR (1973 a) läßt sich in seiner klaren Struktur und Aussage nicht einfach auf Kinder unter 5 Jahren übertragen;
- dennoch gibt es hinreichend Anhaltspunkte, daß auch die Jüngsten (3 J.) kleinere Mengen sofort erfassen und/oder zählen können (vgl. dazu Erfassen ohne Blickbewegungen, mit relativ kurzen Reaktionszeiten; Verringerung der relativen Reaktionszeiten bei bewegter Vorgabe); alles in allem besagt das: auch Kinder von 3 - 6 Jahren verfügen grundsätzlich über beide Teiloperationen der visuellen Mengenerfassung, auch wenn sie bezogen auf die o.g. Mengenbereiche nicht ausschließlich verwendet werden;
- graduell unterscheiden sich die Kinder deutlich von den Erwachsenen; dafür sprechen folgende Ergebnisse:
 1. wesentlich größere absolute wie relative Reaktionszeiten bei gleicher Punktmenge;
 2. mehr offenes und verdecktes Zählen selbst bei kleineren Mengen (vgl. Erfassen mit Blickbewegungen);
 3. mehr Benennungsschwierigkeiten bei der Mengenantwort;
 4. weniger Erfahrung in der Mustererkennung;
(Übung/Training)

Insgesamt sehen wir darin die allgemeine Grundthese von GELMAN und GALLISTEL (1978) bestätigt, daß Kinder prinzipiell mehr können, als man allgemein von ihnen im Bereich der visuellen Mengenerfassung angenommen hat.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie untersucht die visuelle Mengenerfassung homogener Elemente (Kugeln) bei Kleinkindern im Alter von 3;0 bis 6;11 Jahren unter zwei Fragestellungen:

- Kann das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR (1973a) mit den beiden Teiloperationen Sofort- erfassen und Abzählen auch auf Kinder unter 5 Jahren übertragen werden?
- Wie verändern sich die absoluten bzw. relativen Reaktionszeiten, wenn statt ruhender Punktmengen sich bewegende vorgelegt werden?

Aus der Literatur zur Mengenerfassung konnten zwei Hauptergebnisse entnommen werden:

- die visuelle Mengenerfassung ist bei Erwachsenen schon eingehend erforscht, und von KLAHR (1973a) wurde dazu schon ein Modell entwickelt; danach setzt sich die visuelle Mengenerfassung aus zwei unterscheidbaren Teiloperationen zusammen:
 1. dem Sofort-erfassen (subitizing) - ein sehr schnelles und fehlerfreies Erfassen kleinerer Mengen ($n = 1-4$), und
 2. dem Abzählen (counting) - ein sukzessives und langsames Bearbeiten von Mengen ab 5 Elementen, wobei der Fehleranteil mit steigendem Mengenumfang stark zunimmt;
- anders verhält es sich bei Kindern: die visuelle Mengenerfassung ist nur an Kindern bis zu 5 Jahren, aber nicht an jüngeren untersucht worden (vgl. CHI und KLAHR, 1975; SVENSON und SJÖBERG, 1978); das Modell der visuellen Mengenerfassung läßt sich auf die untersuchten Altersgruppen übertragen, allerdings mit folgenden Einschränkungen:
 1. der Bereich des Sofort-erfassens kann sicher für die Mengen bis zu 3 Elementen nachgewiesen werden;
 2. die Menge $n = 4$ ist keinem der beiden Erfassungsmodi eindeutig zuordbar;
 3. die Zunahme der Reaktionszeiten pro Element ist bei Kindern im Bereich des Sofort-erfassens vier- bis fünfmal und im Bereich des Abzählens doppelt so groß wie bei Erwachsenen.

In den neueren Untersuchungen wurde hauptsächlich das Reaktionszeit-Paradigma verwendet; ergänzend wurde z.T. auch die Genauigkeit der numerischen Antworten und das Verhalten der Vpn während der Erfassung einbezogen.

In der vorliegenden Studie wurden im ersten Durchgang ruhende Punktmengen - hier Kugeln ($n = 2-8$) nach einem definierten Musterschlüssel - in veränderter Konfiguration zeitlich unbegrenzt vorgelegt; die 3-6-Jährigen hatten die Aufgabe, die vorgelegten Mengen so schnell und so genau wie möglich zu bestimmen (Identifikationsmethode).

Im zweiten Durchgang wurde die Vorgabe der Punktmengen verändert: anstelle der ruhenden wurden sich bewegendes Mengen vorgelegt, d.h., die Kugeln wurden während der Vorgabe in Bewegung gehalten, daß ständig neue Zufallsanordnungen entstanden; diese sollten numerisch erfaßt werden.

Die Durchführung wurde mit Rücksicht auf die Kinder spielerisch gestaltet, um sie zur Mitarbeit zu gewinnen und ein vorzeitiges Ermüden zu verhindern (vgl. GELMAN, 1972; GELMAN und GALLISTEL, 1978).

Folgende Daten wurden während des Versuches erhoben:

- die Reihenfolge der Versuche,
- das Begleitverhalten der Vpn während der Bearbeitung lt. Verhaltenskategorien,
- die numerische Antwort und
- die Reaktionszeit (Zeit vom Beginn der Vorgabe bis zur numerischen Antwort der Vp).

Die Auswertung erfolgte in mehreren Schritten und ergab für Mengen mit ruhender Vorgabe folgende Befunde:

- Punktmengen bis zu 3 Elementen werden von den 3- u. 4-Jährigen und bis zu 4 Elementen von den 5- und 6-Jährigen (fast) fehlerfrei erfaßt; mit steigendem Mengenumfang ab 4 bzw. 5 Elementen nimmt der Fehleranteil stark zu.
- Die Reaktionszeitanalyse weist in allen Altersgruppen einen linearen Trend aus, der für unterschiedliche Mengenbereiche besteht; eine Diskontinuität im linearen Trend bei oder ab Punktmenge $n = 4$ ist

nur für die 6-Jährigen festzustellen; für die 3-Jährigen tritt sie erst bei $n = 7$, für die 4-Jährigen bei $n = 6$ und bei den 5-Jährigen überhaupt nicht auf; in der letzten Altersgruppe besteht der lineare Trend für die Reaktionszeiten der Mengen $n = 2-8$.

Die durchschnittliche Reaktionszeitzunahme pro Element (Steigung der Regressionsgeraden) ist für die 3-5-Jährigen sehr groß (866 bis 1409 msec.), während sie für die 6-Jährigen nur 351 msec. beträgt.

Aus Vergleichsgründen wurde die Regressionsberechnung auf die Reaktionszeiten der Mengen $n = 2-4$ beschränkt; das ist insofern möglich, da für diesen Mengenbereich in allen Altersgruppen ein linearer Trend der Reaktionszeiten besteht. Vergleicht man die relativen Reaktionszeiten - hier die Steigung pro Element - zwischen den Altersgruppen, so wird der Unterschied besonders deutlich: die Zunahme der Reaktionszeiten ist für die 3- und 4-Jährigen ca. fünfmal und für die 5-Jährigen ca. viermal so groß wie für die 6-Jährigen (351 msec.)

Aufgrund beider Befunde, dem linearen Trend der Reaktionszeiten für Mengen mit mehr als 4 Elementen und die extrem großen Steigungen pro Element, ist festzustellen, daß das Modell von KLAHR (1973a) auf die 3-5-Jährigen unserer Untersuchung nicht übertragen werden kann.

Die extrem großen Reaktionszeitzunahmen lassen weiter annehmen, daß die 3-5-Jährigen selbst die kleineren Mengen ($n = 2-4$) mehrheitlich - wenn nicht ausschließlich - gezählt und weniger sofort erfaßt haben.

- Anhand der Auswertung der Daten aus der Verhaltensbeobachtung konnte geklärt werden, daß die Menge $n = 2$ in allen Altersgruppen fast ausschließlich 'ohne Blickbewegungen' (= 's'), d.h. sofort erfaßt wurde; schon bei Punktmenge $n = 3$ wurden während des Erfassens vermehrt 'Blickbewegungen' (= 'c') beobachtet; sie nahmen mit steigender Punktmenge weiter zu;

diese Tendenz zur Bearbeitung der Punktmengen mit Blickbewegungen setzt umso später ein, je älter die Vpn sind.

Von daher kann erwiesenermaßen davon ausgegangen werden, daß kleinere Mengen ($n = 2-3$) mehr sofort erfaßt werden, während spätestens ab $n \geq 4$ das Abzählen überwiegt.

Dieser Befund ändert nichts daran, daß das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR (1973a) in seiner Struktur mit den beiden Teiloperationen 'subitizing' für kleinere Mengen und 'counting' für Mengen ab $n = 4$ bzw. 5 auf die 3-5-Jährigen nicht zu übertragen ist.

Von Bedeutung ist aber, daß diese Altersgruppen prinzipiell beide Teiloperationen realisieren können, auch wenn sie bezogen auf die jeweiligen Mengenbereiche nicht mehrheitlich oder ausschließlich angewendet werden, wie es bei Erwachsenen der Fall ist.

Zudem wird mit diesen Befunden ein weiteres Mal die allgemein beobachtete 'Abzähl tendenz' selbst kleinerer Mengen bei Kleinkindern nachgewiesen (vgl. u.a. BECKMANN, 1924; SCHAEFFER et al., 1974; GELMAN und GALLISTEL, 1978).

Nur durch gezielte methodische Veränderungen ist es möglich, das Abzählen bei Kindern und selbst bei Erwachsenen zu verhindern bzw. zu erschweren (vgl. GELMAN und TUCKER, 1975; MANDLER und SHEBO, 1982).

Mit der Vorgabe sich bewegender Elemente verfolgten wir dieselbe Absicht. Sollte es möglich sein, das Abzählen durch sich bewegende Elemente zu erschweren, so müßte sich das auch anhand der absoluten wie relativen Reaktionszeiten nachweisen lassen.

Die Veränderung der Reaktionszeiten würde je nach Mengenumfang unterschiedlich ausfallen: bei kleineren Punktmengen ($n = 2-4$) müßten die Reaktionszeiten bei bewegter Vorgabe kleiner werden, während sie bei Mengen ab $n \geq 5$ und mehr Elementen im Vergleich zur ruhenden Vorgabe größer sein müßten (vgl. dazu die Ableitung der Untersuchungsfragen).

Anhand der Reaktionszeitanalyse wird deutlich, daß sich bis auf die 4-Jährigen für alle Altersgruppen die Mengenbereiche, für die ein linearer Trend der Reaktionszeiten besteht, zwischen ruhender und bewegter Vorgabe verändert haben: für die 3- und 5-Jährigen wurde der Bereich kleiner, für die 6-Jährigen größer. Ein Vergleich der relativen Reaktionszeiten auf dieser Basis ist nicht sinnvoll. Deshalb wurde die Regressionsberechnung für die sich bewegenden Mengen ebenfalls auf die Mengen $n = 2-4$ beschränkt (s.o.).

Folgende Ergebnisse sind dem Vergleich der relativen Reaktionszeiten für ruhende und bewegte Mengen zu entnehmen:

- in allen Altersgruppen - bis auf die 5-Jährigen - ist die Zunahme der Reaktionszeiten für bewegte Mengen deutlich geringer als für ruhende;
- für die 5-Jährigen ist die relative Reaktionszeit für beide Vorgabeformen fast gleich;
- die Unterschiede der relativen Reaktionszeiten zwischen den 3-5-Jährigen sind bei bewegter Vorgabe deutlich geringer als bei ruhenden Mengen: die maximale Differenz beträgt 200 msec. bei bewegter und 750 msec. bei ruhender Vorgabe; d.h., der Einfluß der Vorgabeänderung ist bei den Kindern unter 6 Jahren deutlicher festzustellen.

Von einer Auswertung der Reaktionszeiten bei größerem Mengenumfang ($n = 5-7$ bzw. 8) wurde abgesehen, da bei Mengen dieser Größenordnung bei den 3- und 4-Jährigen bis zu 4 Vpn unter beiden Vorgaben ausfallen, und von den 5- und 6-Jährigen bei sich bewegenden Mengen nur noch die drei oder vier 'Besten' erfolgreich sind. Ein fundierter Vergleich der Reaktionszeiten ist wegen der fehlenden Daten über alle Punktmengen nicht möglich.

Inhaltlich kann daraus jedoch begründet angenommen werden, daß die Mengen $n = 5-8$, die nach KLAHR's Modell der visuellen Mengenerfassung zum 'Zählbereich' gehören, bewegt wesentlich schwerer zu erfassen sind; anders lassen sich die Ausfälle besonders bei den älteren Versuchspersonen nicht erklären. Geht man davon aus, so ist weiter anzunehmen, daß die Reaktions-

zeiten - absolute wie relative - für sich bewegend
Mengen dieses Umfangs länger sein werden als bei
ruhende Vorgaben.

Alles in allem bedeutet das: mit bewegter Vorgabe werden die Reaktionszeiten für kleinere Mengen ($n = 2-4$) nachweislich kleiner und für größere Mengen des 'Zählbereiches' sehr wahrscheinlich größer als unter ruhender Darbietung.

Die nachweisliche Verkürzung der Reaktionszeiten bei bewegter Vorgabe von kleinen Mengen ist darauf zurückzuführen, daß diese noch häufiger 'ohne Blickbewegungen' bearbeitet wurden, wie die Auswertung der Beobachtungsdaten ergab; damit ist erwiesen, daß die Reaktionszeiten bei ruhender Mengenvorgabe wesentlich durch 'unnötiges Abzählen' 'verfälscht' sind.

Ferner können aufgrund der Analyse der Verhaltensbeobachtung folgende Tendenzaussagen getroffen werden:

- ruhende Mengenvorgaben fördern bei Kleinkindern das Bearbeiten 'mit Blickbewegungen', was dem Zählen entspricht, und das "Untergruppieren";
- die Darbietung bewegter Mengen begünstigt dagegen das Erfassen 'ohne Blickbewegungen', was dem Sofort-erfassen entspricht, das "Raten" und die mögliche, aber sehr seltene "Verweigerung".

Daß die Reaktionszeiten für die 3-5-Jährigen unter beiden Bedingungen - ruhend wie bewegt - im Vergleich zu den 6-Jährigen und erst recht zu den Erwachsenen so extrem groß sind, ist auf folgende Einflüsse zurückzuführen:

- Kleinkinder wechseln selbst bei kleineren Mengen zwischen den Erfassungsmodi des Sofort-erfassens und des Abzählens, wobei schon ab Punktmenge $n = 3$ letzteres überwiegt;
- während des sukzessiven Erfassens treten zwangsläufig vermehrt 'Blickbewegungen' auf, die die Reaktionszeiten vergrößern;
- nicht zuletzt tragen auch die erwiesenen Schwierigkeiten von Kleinkindern beim Benennen der Mengen dazu bei (vgl. CHI, 1977).

Ergänzend wurde der Einfluß des Alters und der Einfluß unterschiedlicher Anordnungen von Elementen auf die visuelle Mengenerfassung bei Kleinkindern überprüft

und z.T. nachgewiesen.

Abschließend wird die Entwicklung der visuellen Mengenerfassung auf der Basis der vorliegenden Literatur und der eigenen Befunde diskutiert.

Als Ergebnisse der vorliegenden Studie stellen wir fest:

- das Modell der visuellen Mengenerfassung von KLAHR (1973a) ist in seiner Struktur nicht auf Kinder unter 5 Jahren zu übertragen; für die 6-Jährigen konnte hingegen im wesentlichen bestätigt werden;
- bei bewegter Vorgabe verändern sich die Reaktionszeiten: bei kleineren Mengen ($n = 2-4$) werden sie nachweislich kleiner, und für größere Punktmengen ($n = 5-8$) kann begründet angenommen werden, daß sie größer werden.

Aufgrund der Befunde aus der Reaktionszeitanalyse und den deutlichen Tendenzen aus der Analyse der Beobachtungsdaten kann man davon ausgehen, daß Kinder unter 5 Jahren prinzipiell beide Teiloperationen der visuellen Mengenerfassung - das Sofort erfassen und das Abzählen - verwenden.

Alles in allem wird damit die Grundthese von GELMAN und GALLISTEL (1978) bestätigt: Kinder verfügen in Bezug auf die visuelle Mengenerfassung prinzipiell über dieselben kognitiven Kompetenzen wie Erwachsene; sie unterscheiden sich nur graduell in der generellen und flexiblen Anwendung dieser Teiloperationen.

Letztlich wird dadurch die allgemeinere Überzeugung derselben Autoren unterstützt, die besagt: Kinder können im allgemeinen viel mehr, als man bislang von ihnen angenommen hat.

Wird diese Aussage auch in Zukunft mehr berücksichtigt und die Untersuchung psychologischer Fragestellungen mit Kindern unkonventioneller und spielerischer gestaltet, so wird der Kenntnisstand in Allgemeiner und in Entwicklungspsychologie entscheidend erweitert werden können.

9. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- Atkinson, J.;
Campbell, F.W.;
Francis, M.R.:
Averbach, E.:
Becker, E.:
Beckmann, H.:
Beckwith, M.;
Restle, F.:
Beilin, H.:
Bever, T.G.;
Mehler, J.;
Epstein, J.:
Carmichael, L.;
Hogan, H.P.;
Walter, A.A.:
Chi, M.T.H.:
Chi, M.T.H.;
Klahr, D.:
Clauss, G.;
Ebner, H.:
Cueno, D.O.:
Douglass, R.H.:
Drenth, P.J.D.:
Drever, J.;
Fröhlich, W.D.:
- The magic number 4 ± 0: A new look at
visual numerositiy judgements
in: Perception, 1976, 5, 327-334
The span of apprehension as a function
of exposure duration
in: J. of Verbal Learning and Verbal
Behavior, 1963, 2, 60-64
Mengenvergleich und Übung
Frankfurt/M.: 1957
Die Entwicklung der Zahlleistung bei
2-6 jährigen Kindern
in: Z. f. Angewandte Psychologie und
Charakterkunde, 1924, 22, 1-72
Process of Enumeration
in: Psychological Review, 1966, 73,
437-444
Cognitive Capacities of Young Children
- A Replication
in: Science, 1968, 162, 920-921
What children do in spite of what they
know
in: Science, 1968, 162, 921-924
An experimental study of the effect of
language of the reproduction of visu-
ally perceived form
in: Exp. Psychology, 1932, 15, 73-86
Age Differences in Memory Span
in: J. Experimental Child Psychology,
1977, 23, 266-281
Span and Rate of Apprehension in Chil-
dren and Adults
in: J. Experimental Child Psychology,
1975, 19, 434-439
Grundlagen der Statistik
Frankfurt/M. und Zürich: 1972
Children's Judgements of Numerical
Quantity: The Role of Length, Density
and Number Cues, San Diego: 1978
The development of number concept in
children of pre-school and Kindergar-
ten-ages
in: J. Experimental Psychology, 1925,
VIII, 443-470
Der psychologische Test
München: 1969
Wörterbuch zur Psychologie
München: 1970

- Eimer, E.: Varianzanalyse
Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: 1978
- Eriksen, C.W.;
Hake, H.W.: Absolute judgements as a function of
the stimulus range and the number of
stimulus and response categories
in: J. Experimental Psychology, 1955,
49, 323-332
- Fernberger, S.W.: A preliminary study of the range of
visual apprehension
in: American J. Psychology, 1921, 32,
121-133
- Filbig, J.: Untersuchungen über die Entwicklung
der Zahlvorstellung im Kinde
in: Zeitschrift für Pädagogische
Psychologie und Experimentelle Pädagogik,
1923, 24, 105-113 u. 156-168
- Freeman, F.N.: Untersuchungen über den Aufmerksam-
keitsumfang und die Zahlauffassung bei
Kindern und Erwachsenen
in: Pädagogische und Psychologische
Arbeiten des Leipziger Lehrervereins,
1910, 88-168
- Friedrichs, J.: Methoden der empirischen Sozialfor-
schung
Reinbek bei Hamburg: 1973
- Gast, H. von: Zur Frage der Mengenunterscheidung bei
3-8 jährigen Kindern
in: Zeitschrift für Psychologie, 1954,
157, 106-138
- Gast, H. von: Der Umgang mit Zahlen und Zahlengebil-
den in der frühen Kindheit
in: Zeitschrift für Psychologie, 1957,
161, 1-90
- Gelman, R.: Logical capacity of very young chil-
dren - Number invariance rules
in: Child Development, 1972, 43, 75-90
- Gelman, R.;
Gallistel, C.R.: The Child's Understanding of Number
Cambridge/Mass.: 1978
- Gelman, R.;
Tucker, M.F.: Further Investigations of the Young
Child's Conception of Number
in: Child Development, 1975, 46, 165-
175
- Gill, N.F.;
Dallenbach, K.M.: A preliminary study of the range of
attention
in: American J. Psychology, 1926, 37,
247-256
- Glanville, D.;
Dallenbach, K.M.: The range of attention
in: American J. Psychology, 1929, 41,
207-236

- Hamel, B.R.: Piagets Zahlbegriff bei Kindern im ersten Schuljahr
in: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 1974, VI-2, 99-108
- Hamel, B.R.;
Tombe, H. de: Piagets Zahlbegriff bei Kindern
in: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 1972, IV-2, 77-91
- Hunter, W.S.;
Sigler, M.: The Span of Visual Discrimination as a Function of Time and Intensity of Stimulation
in: J. Experimental Psychology, 1940, 26, 160-179
- Jensen, E.M.;
Reese, E.P.;
Reese, T.W.: The subitizing and counting of visually presented fields of dots
in: J. Psychology, 1950, 30, 363-392
- Jevons, W.S.: The power of numerical discrimination
in: Nature (London), 1971, 3, 281-282
- Kaufman, E.L.;
Lord, M.W.;
Reese, T.W.;
Volkman, J.: The Discrimination of Visual Number
in: American J. Psychology, 1949, 62 498-525
- Klahr, D.: Quantification processes
in: Chase, W.G. (Ed.), Visual Information Processing, New York, 1973, 3-34
- Klahr, D.: A production system for counting, subitizing and adding
in: Chase, W.G. (Ed.), Visual Information Processing, New York, 1973, 527-546
- Klahr, D.;
Wallace, J.G.: The Role of Quantification Operators in the Development of Conservation of Quantity
in: Cognitive Psychology, 1973, 4, 301-327
- Klahr, D.;
Wallace, J.G.: Cognitive Development. Lawrence Erlbaum Associates
Hillsdale, NJ: 1976
- Kleinschmidt, G.: Untersuchung zum Entwicklungsprozeß der Mengenerfassung bei Kindern zwischen 4, 5 und 6;5 Jahren
in: Praxis d. Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie, 1968, 17, 183-189
- Kritz, J.: Statistik in den Sozialwissenschaften
Hamburg: 1973
- Lawson, J.;
Baron, J.;
Siegel, L.: The role of number and length cues in children's quantity judgements
in: Child Development 1974, 45, 731-736

- Mackworth, N.H.;
Kaplan, I.T.: Visual Acuity When Eyes Are Pursuing Moving Targets
in: Science, 1962, 136, 387-388
- Mandler, G.;
Shebo, B.J.: Subitizing: An Analysis of Its Component Processes
in: J. Experimental Psychology - General, 1982, 111, 1-22
- Mayntz, R.;
Holm, K.;
Hübner, P.: Einführung in die Methoden der empirischen Sozialforschung
Opladen: 1974
- Mehler, J.;
Bever, T.G.: Cognitive Capacity of Very Young Children
in: Science, 1967, 158, 141-142
- Miller, G.A.: The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information
in: Psychological Review, 1956, 63, 81-97
- Mokre, H.: Über den Einfluß von Größe und Abstand der Elemente auf die Mengenauffassung
in: Zeitschrift für Psychologie, 1928, 105, 195-225
- Nanu, H.A.: Zur Psychologie der Zahlauffassung (Dissertation Würzburg)
Würzburg: 1904, 56 S.
- Oberly, H.S.: The range of visual attention, cognition and apprehension
in: American J. Psychology, 1924, 35, 333; 1926, 37, 132-137 und 1928, 40, 295-302
- Oerter, R.: Moderne Entwicklungspsychologie
Donauwörth: 1975
- Pauli, R.: Über die Zahl- und Mengenauffassung bei kurzdauernder Darbietung
in: Archiv f.d. Gesamt Psychologie, 1934, 92, 26-44
- Piaget, J.: Psychologie und Intelligenz
Zürich: 1948
- Piaget, J.;
Szeminska, A.: Zur Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde
Stuttgart: 1975 (französ. Original 1941)
- Piaget, J.: Quantification, Conservation and Nativism
in: Science, 1968, 162, 976-979
- Potter, M.C.;
Levy, E.J.: Spatial Enumeration without Counting
in: Child Development, 1968, 39, 265-273
- Rauh, H.: Entwicklungspsychologische Analyse kognitiver Prozesse - Der Zahlbegriff bei 4-7-Jährigen
Weinheim: 1972

- Rothenberg, B.B.: Conservation of number among four- and five-year-old children: some methodological considerations
in: Child Development, 1969, 40, 383-406
- Saltzman, I.J.;
Garner, W.R.: Reaction Time as a Measure of Span of Attention
in: J. Psychology, 1948, 25, 227-241
- Schaeffer, B.;
Eggleston, V.H.;
Scott, J.L.: Number Development in Young Children
in: Cognitive Psychology, 1974, 6, 357-379
- Schober, H.: Das Sehen
Leipzig: 1960
- Selg, H.;
Bauer, W.: Forschungsmethoden der Psychologie
Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: 1973
- Siegler, R.S.: What Young Children Do Know
Rezension zu:
Gelman und Gallistel (1978)
in: Contemporary Psychology, 1979, 24 (8), 613-615
- Simons, D.: Vergleichende Betrachtung über die Genese des Zahlenbegriffs
in: Psychologische Beiträge, 1981, 23, 595-617
- Simons, D.;
Langheinrich, D.: Die Bedeutung figuraler Strukturen für die Mengenerfassung
in: Gestalt Theory, 1982 a, 4 (3/4), 217-236
- dies. What is magic about the magical number four?
in: Psychological Research, 1982 b, 44, 283-294
- Smither, S.J.;
Smiley, S.S.;
Rees, R.: The Use of Perceptual Cues for Number Judgements by Young Children
in: Child Development, 1974, 45, 693-699
- Starkey, P.;
Cooper, R.G.: Perception of Number by Human Infants
in: Science, 1980, 210, 1033-1034
- Svenson, O.;
Sjöberg, K.: Subitizing and Counting process in young children
in: Scan. J. Psychology, 1978, 19, 247-250
- Szeliski, V. von: Relation between the quantity perceived and the time of perception
in: J. Experimental Psychology, 1929, 7, 135-147
- Taves, E.H.: Two Mechanisms for the Perception of Visual Numerosity
in: Archives of Psychology, 1941, 265, 1-46

- Trabasso, T.;
Deutsch, J.A.;
Gelman, R.: Attention in discrimination learning
of young children
in: J. Experimental Child Psychology,
1966, 4, 9-19
- Wallach, L.;
Sprott, R.L.: Inducing Number Conservation in
Children
in: Child Development, 1964, 35, 1057-
1071
- Warren, H.C.: The Reaction Time of Counting
in: Psychological Review, 1897, 4, 569-
591
- Wertheimer, M.: Über das Denken der Naturvölker -
I. Zahlen und Zahlengebilde
in: Zeitschrift f. Psychologie, 1912,
60, 321-389
- ders. Experimentelle Studien über das Sehen
von Bewegung
in: Zeitschrift für Psychologie, 1912,
61, 162-262
- ders. Untersuchungen zur Lehre von der Ge-
stalt, I
in: Psychologische Forschung, 1920, 1,
47-58
- ders. Untersuchungen zur Lehre von der Ge-
stalt, II
in: Psychologische Forschung, 1923, 4,
301-350
- Winton, A.M.: The Role of Language in the Develop-
ment of The Child's Understanding of
Number Concept
Boston: 1975 (Diss. 158 S.)
- Wohlwill, J.F.: A study of the development of number
concept by scalogram analysis
in: J. Genetic Psychology, 1960, 97,
345-377

VISUELLE MENGENERFASSUNG BEI KLEINKINDERN

A n h a n g

Muster 1a: Protokollierung eines Versuches mit bewegter Vorgabe der Stimuli

Experiment: Mengenerfassung - bewegt -

Protokollblatt: 20a

vom: 14.9.21

Di. 14.

Angaben zur Person:

geb.: 29.02.1987

männlich / weiblich

$N_{\max} = 69$

$N_{\min} = 20$ $N_{\text{real}} = 37$

Abkürzungen:

Menge (N)

Erfassung/Antwort (E/A)

counting (c/x)

subitizing (s/x)

Reaktionszeit (RZ)

Reihenfolge (R)

R	E/A											
	RZ											
			3	c/3								
				6,53								
			5	c/4	c/5							
				2,52	8,56							
	34	5/3	25	c/4	c/5							
		1,00		2,24	5,12							
	26	3/3	21	c/4	c/4	c/5						
		0,32		2,48	4,22	5,12						
	18	3/3	16	c/4	c/5	2/6						
		1,44		3,62	5,65	1,50						
	13	5/3	12	c/4	c/5	2/6	c/6					
		1,45		5,68	6,65	3,28	2,00					
	10	c/3	8	c/4	c/4	c/6	c/6					
		0,02		3,85	3,55	5,30	1,321					
20	5/2	5/3	6	5/4	5/5	c/5	c/6					
	0,92	1,26		1,41	4,66	4,95	5,25					
2	5/2	c/3	c/4	c/5	c/5	c/6	c/6					
	0,93	2,26	3,21	3,63	5,22	6,22	1,228					
M	2	3	4	5	6	7	8					

Muster 1b: Protokollierung eines Versuches mit ruhender Vorgabe der Stimuli

Experiment: Mengenerfassung

- ruhend -

Protokollblatt: 206

VON: *M. J. S.*

Beginn: Ende:

R. L.
Angaben zur Person

geb.: 29. 4. 1910: 5. 82

männlich / weiblich

Abkürzungen:

Menge (M)

Erfassung/Antwort
(E/A)

counting (c/x)

subitizing (s/x)

Reaktionszeit (RZ)

Reihenfolge (R)

 $N_{max} = 50$

$N_{-1-} = 20$

$N_{\text{real}} = 33$

Experiment: Mengenerfassung
- ruhend -

Protokollblatt: 206
vom: 11. 9. 81

Beginn: Ende:
M. d. A.
Angaben zur Person
geb. 29. 11. 21 Alter: 5, 82
männlich / weiblich

Abkürzungen:
Menge (M)
Erfassung/Antwort (E/A)
counting (c/x)
subitizing (s/x)
Reaktionszeit (RZ)
Reihenfolge (R)

$N_{max} = 50$
 $N_{min} = 20$
 $N_{real} = 33$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Geschlecht

[illegible]

Urliste 1a: Reaktionszeiten ($\bar{x}/V_p$ in csec.) aller gültigen Versuche

G	Vpn 3 J.	Punktmengen - ruhend					
		2	3	4	5	6	7
m	1/34	149	519	401	223	-	-
m	2/27	183	545	737	-	-	-
m	3/44	087	090	145	256	438	463
m	4/32	178	363	421	731	678	-
w	5/41	084	196	279	-	-	-
w	6/40	107	249	828	656	798	-
w	7/28	163	436	534	-	-	-
w	8/30	175	361	629	694	884	-
Σx		1126	2759	3974	2560	2798	463
$\bar{x}$		141	345	497	512	700	463
σ		042	158	231	250	194	-
G	Vpn 3 J.	Punktmengen - bewegt					
		2	3	4	5	6	7
m	1/34	162	232	357	-	-	-
m	2/27	136	398	-	-	-	-
m	3/44	084	089	119	214	200	-
m	4/32	112	215	498	-	-	-
w	5/41	109	243	277	207	-	-
w	6/40	117	172	587	180	-	-
w	7/28	121	266	-	-	-	-
w	8/30	152	307	388	369	-	-
Σx		993	1922	2226	970	200	-
$\bar{x}$		124	240	271	243	200	-
σ		025	091	165	086	-	-
G	Vpn 4 J.	Punktmengen - ruhend					
		2	3	4	5	6	7
m	9/43	103	174	474	630	317	-
m	10/22	071	116	178	296	412	748
m	11/35	140	695	715	806	-	-
m	12/26	094	131	245	499	531	636
w	13/21	110	199	422	-	-	-
w	14/ 6	-	171	380	475	-	-
w	15/39	076	193	241	451	437	618
w	16/25	107	449	472	541	616	545
Σx		701	2128	3127	3698	2313	2291
$\bar{x}$		100	266	391	528	463	573
σ		023	202	173	159	115	067
G	Vpn 4 J.	Punktmengen - bewegt					
		2	3	4	5	6	7
m	9/43	095	149	495	409	549	-
m	10/22	105	127	154	288	394	-
m	11/35	121	594	579	436	-	-
m	12/26	091	096	144	237	231	441
w	13/21	127	273	442	-	-	-
w	14/ 6	105	153	209	333	-	-
w	15/39	071	188	176	801	632	-
w	16/25	154	474	602	754	-	-
Σx		869	2854	2801	3258	1806	441
$\bar{x}$		109	257	350	465	452	441
σ		025	182	199	224	177	-

G	Vpn 5 J.	Punktmengen - ruhend						
		2	3	4	5	6	7	8
m	17/19	097	164	211	493	569	-	-
m	18/ 9	126	248	423	379	489	-	-
m	19/10	088	122	231	411	399	312	593
m	20/20	092	182	334	442	458	742	-

w	21/ 4	-	095	216	304	451	274	404
w	22/37	077	080	239	290	351	395	525
w	23/14	107	168	427	360	150	805	-
w	24/17	083	124	308	445	467	627	895

Σx		670	1183	2389	3124	3334	3155	2417
Σy		096	148	299	391	417	526	604
$\bar{x}$		017	054	089	071	125	229	209

G	Vpn 5 J.	Punktmengen - bewegt						
		2	3	4	5	6	7	8
m	17/19	109	228	332	608	711	-	-
m	18/ 9	095	115	466	296	435	-	-
m	19/10	081	126	343	621	-	-	-
m	20/20	093	155	317	494	590	-	-

w	21/ 4	083	084	216	500	586	814	-
w	22/37	097	127	244	331	434	460	-
w	23/14	078	172	270	314	550	-	-
w	24/17	126	143	220	346	620	336	-

Σx		762	1150	2408	3510	3926	1610	-
Σy		095	144	301	439	561	537	-
$\bar{x}$		016	043	083	134	100	248	-

G	Vpn 6 J.	Punktmengen - ruhend						
		2	3	4	5	6	7	8
m	25/12	100	101	208	519	512	773	-
m	26/11	082	073	106	291	475	525	326
m	27/18	-	102	090	172	185	262	371
m	28/23	101	091	113	239	306	452	300

w	29/ 1	-	106	217	264	108	401	-
w	30/ 2	-	097	258	277	335	403	-
w	31/16	-	102	191	589	407	500	277
w	32/13	076	076	097	211	242	332	227

Σx		359	748	1280	2562	2570	3648	1501
Σy		090	094	160	320	321	456	300
$\bar{x}$		013	013	066	150	141	154	054

G	Vpn 6 J.	Punktmengen - bewegt						
		2	3	4	5	6	7	8
m	25/12	122	140	142	429	578	310	-
m	26/11	066	094	116	157	370	-	231
m	27/18	077	081	064	147	273	258	094
m	28/23	102	112	139	233	397	428	278

w	29/ 1	074	102	172	344	511	-	-
w	30/ 2	092	081	246	301	456	-	-
w	31/16	095	112	108	186	253	-	686
w	32/13	054	071	079	143	311	315	268

Σx		682	793	1066	1940	3149	1311	1557
Σy		085	099	133	243	394	322	311
$\bar{x}$		022	022	057	106	116	072	222

Urliste 2: Reaktionszeiten ($\bar{x}/V_p$ in csec.) aller
gültigen Versuche - differenziert nach
den Beobachtungsdaten
'ohne Blickbewegungen' = s
'mit Blickbewegungen' = c

G	Vpn	Punkt mengen - ruhend und bewegt														
		3 J.		2 c		3 c		4 c		5 c		6 c		7 c		8 c
m	1/34	134	268	185	351	-	392	-	223	-	-	-	-	-	-	-
m	2/27	148	-	249	547	-	737	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m	3/44	085	-	090	-	122	175	155	278	180	446	219	585	-	-	-
m	4/32	132	128	139	297	-	453	-	731	-	678	-	-	-	-	-
w	5/41	101	-	132	391	251	347	-	207	-	-	-	-	-	-	-
w	6/40	106	147	139	280	-	780	180	656	-	798	-	-	-	-	-
w	7/28	133	-	168	407	-	534	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	8/30	157	-	173	333	218	531	-	601	-	884	-	-	-	-	-
Σx		996	543	1275	2606	591	3949	335	2696	180	2806	219	585	-	-	-
Σx		125	181	159	372	197	494	168	449	180	702	219	58 ^r	-	-	-
Δ		025	076	047	090	067	200	018	239	-	190	-	-	-	-	-

G	Vpn	Punkt mengen - ruhend und bewegt														
		4 J.		2		3		4		5		6		7		8
m	9/43	098	-	151	170	314	503	-	492	317	549	-	-	-	-	-
m	10/22	094	-	122	-	151	246	159	365	251	438	-	492	-	748	-
m	11/35	127	-	-	631	-	633	-	621	-	-	-	-	-	-	-
m	12/26	093	-	110	-	118	304	148	477	209	496	-	558	-	593	-
w	13/21	123	115	147	274	-	432	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	14/ 6	105	-	159	-	170	553	219	545	203	-	-	-	-	-	-
w	15/39	073	-	116	278	201	360	152	701	126	606	-	618	-	761	-
w	16/25	103	288	-	466	-	537	-	577	-	616	-	545	-	-	-
Σx		816	403	805	1819	954	3568	678	3778	1106	2705	-	2213	-	2102	-
$\bar{x}$		102	202	134	364	191	446	170	540	221	541	-	553	-	701	-
ϕ		017	122	021	184	075	134	033	109	070	075	-	052	-	094	-

G	Vpn	Punkt mengen - ruhend und bewegt															
		5 J.		3		4		5		6		7		8			
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c		
m	17/19	104	-	130	314	168	329	256	601	-	622	-	-	-	-		
m	18/ 9	104	-	125	263	-	453	-	370	-	480	-	-	-	-		
m	19/10	082	-	125	-	149	429	101	526	199	500	312	-	-	593		
m	20/20	093	-	128	209	179	365	194	509	234	518	-	742	-	-		
w	21/ 4	083	-	087	-	181	274	230	445	158	561	237	563	278	529		
w	22/37	085	-	106	-	-	242	-	307	-	397	-	-	-	525		
w	23/14	082	147	129	381	159	397	172	373	150	550	-	805	-	-		
w	24/17	108	-	125	248	199	452	182	485	184	633	336	627	-	895		
Σx		741	147	955	1415	1035	2941	1135	3616	925	4261	885	2737	278	2542		
$\bar{x}$		093	147	119	283	173	368	189	452	185	533	295	684	278	634		
ϕ		011	-	015	067	018	080	053	097	034	077	052	109	-	176		

G	Vpn	Punkt mengen - ruhend und bewegt															
		2		3		4		5		6		7		8			
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c		
m	25/12	090	-	127	-	136	278	220	519	183	594	310	773	-	-		
m	26/11	071	-	088	-	112	-	118	428	204	671	171	584	238	495		
m	27/18	077	-	092	-	077	-	148	334	164	365	188	422	119	598		
m	28/23	094	123	102	-	128	-	179	300	203	419	189	500	217	369		
w	29/ 1	074	-	104	-	151	290	205	384	272	668	-	401	-	-		
w	30/ 2	092	-	086	-	166	300	192	338	233	483	-	403	-	-		
w	31/16	095	-	108	-	128	431	169	682	199	377	240	630	187	580		
w	32/13	065	-	073	-	089	-	124	253	173	361	089	343	136	278		
Σx		658	123	780	-	987	1299	1355	3238	1631	3983	1187	4056	897	2320		
$\bar{x}$		082	123	098	-	123	324	169	405	204	492	198	507	179	464		
ϕ		012	-	017	-	030	071	037	139	035	134	074	145	051	138		

Urliste 3a: Reaktionszeiten ($\bar{x}/v_p$ in csec.) aller
gültigen Versuche - ruhend und bewegt
differenziert nach den Beobachtungsdaten

'ohne Blickbewegungen' = s

'mit Blickbewegungen' = c

G Vpn		Punktmengen - ruhend													
3 J.		2		3		4		5		6		7		8	
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c
m	1/34	149	-	185	630	-	401	-	223	-	-	-	-	-	-
m	2/27	183	-	-	545	-	737	-	-	-	-	-	-	-	-
m	3/44	087	-	090	-	124	177	112	292	180	611	219	585	-	-
m	4/32	161	212	-	363	-	421	-	731	-	678	-	-	-	-
w	5/41	084	-	133	385	234	347	-	-	-	-	-	-	-	-
w	6/40	107	-	115	382	-	828	-	656	-	798	-	-	-	-
w	7/28	163	-	-	436	-	534	-	-	-	-	-	-	-	-
w	8/30	175	-	-	361	-	629	-	694	-	884	-	-	-	-
Σx		1109	212	523	3102	358	4074	112	2596	180	2971	219	585	-	-
$\bar{x}$		139	212	131	443	179	509	112	519	180	743	219	585	-	-
δ		040	-	040	105	078	215	-	242	-	122	-	-	-	-

G Vpn		Punktmengen - bewegt													
3 J.		s	2 c	s	3 c	s	4 c	s	5 c	s	6 c	s	7 c	s	8 c
m	1/34	127	268	-	232	-	357	-	-	-	-	-	-	-	-
m	2/27	136	-	249	548	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m	3/44	084	-	089	-	121	172	169	260	-	199	-	-	-	-
m	4/32	117	107	139	253	-	498	-	-	-	-	-	-	-	-

w	5/41	109	-	131	393	277	-	-	207	-	-	-	-	-	-
w	6/40	105	147	148	212	-	587	180	-	-	-	-	-	-	-
w	7/28	121	-	168	364	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	8/30	152	-	173	323	218	417	-	369	-	-	-	-	-	-

Σx		951	522	1097	2325	616	2031	349	836	-	199	-	-	-	-
		119	174	157	332	205	406	175	279	-	199	-	-	-	-
δ		021	084	049	117	078	157	008	083	-	-	-	-	-	-

G Vpn		Punktmengen - ruhend													
4 J.		s	2 c	s	3 c	s	4 c	s	5 c	s	6 c	s	7 c	s	8 c
m	9/43	103	-	172	181	314	515	-	603	317	-	-	-	-	-
m	10/22	071	-	116	-	145	246	122	383	168	461	-	492	-	748
m	11/35	140	-	-	695	-	715	-	806	-	-	-	-	-	-
m	12/26	094	-	131	-	115	296	106	555	160	624	-	636	-	593
w	13/21	107	115	158	231	-	422	-	-	-	-	-	-	-	-
w	14/ 6	-	-	171	-	129	631	244	705	203	-	-	-	-	-
w	15/39	076	-	103	252	126	317	152	600	126	593	-	618	-	761
w	16/25	107	-	-	449	-	472	-	541	-	616	-	545	-	-
Σx		698	115	851	1808	829	3614	624	4193	974	2294	-	2291	-	2102
$\bar{x}$		100	115	142	362	166	452	156	599	195	574	-	573	-	701
δ		023	-	029	212	084	165	062	133	074	076	-	067	-	094

G Vpn		Punktmengen - bewegt													
4 J.		s	2 c	s	3 c	s	4 c	s	5 c	s	6 c	s	7 c	s	8 c
m	9/43	095	-	139	166	-	495	-	409	-	549	-	-	-	-
m	10/22	105	-	127	-	154	-	183	351	333	409	-	-	-	-
m	11/35	121	-	-	594	-	579	-	436	-	-	-	-	-	-
m	12/26	091	-	096	-	119	343	156	339	225	241	-	441	-	-
w	13/21	127	-	136	296	-	442	-	-	-	-	-	-	-	-
w	14/6	105	-	153	-	182	397	213	492	-	-	-	-	-	-
w	15/39	071	-	119	304	275	403	-	801	-	632	-	-	-	-
w	16/25	101	288	-	474	-	602	-	754	-	-	-	-	-	-
Σx		816	288	770	1834	730	3261	552	3582	558	1831	-	441	-	-
$\bar{x}$		102	288	128	367	183	466	184	512	279	458	-	441	-	-
δ		018	-	020	168	067	097	029	189	076	171	-	-	-	-

Urliste 3b: Reaktionszeiten ($\bar{x}/V_p$ in csec.) aller
gültigen Versuche - ruhend und bewegt
differenziert nach den Beobachtungsdaten

'ohne Blickbewegungen' = s

'mit Blickbewegungen' = c

G Vpn		Punktmengen - ruhend															
5 J.		2		3		4		5		6		7		8			
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c		
m 17/19	097	-		129	270	163	275	286	528	-	569	-	-	-	-	-	-
m 18/ 9	126	-		219	263	-	423	-	379	-	489	-	-	-	-	-	-
m 19/10	088	-		122	-	124	445	101	463	199	500	312	-	-	-	-	593
m 20/20	092	-		114	205	198	388	222	474	234	503	-	742	-	-	-	-
w 21/ 4	-	-		095	-	185	293	230	348	158	535	237	311	278	529	-	-
w 22/37	077	-		080	-	-	239	-	289	-	-	-	395	-	525	-	-
w 23/14	087	147		097	381	-	427	172	548	150	-	-	805	-	-	-	-
w 24/17	083	-		124	-	224	419	175	581	114	555	-	627	-	895	-	-
Σx	650	147		980	1119	894	2909	1186	3610	855	3502	549	2880	278	2542	-	-
$\bar{x}$	093	147		123	280	179	364	198	451	171	500	275	576	278	636	-	-
$\bar{s}$	016	-		043	074	038	081	063	104	046	072	053	215	-	176	-	-

G Vpn		Punktmengen - bewegt															
5 J.		2		3		4		5		6		7		8			
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c		
m 17/19	109	-		131	325	190	352	226	655	-	711	-	-	-	-	-	-
m 18/ 9	095	-		115	-	-	466	-	296	-	435	-	-	-	-	-	-
m 19/10	081	-		126	-	182	423	-	621	-	-	-	-	-	-	-	-
m 20/20	093	-		131	214	141	346	166	559	-	590	-	-	-	-	-	-
w 21/ 4	083	-		084	-	177	265	-	499	-	586	-	814	-	-	-	-
w 22/37	097	-		127	-	-	244	-	331	-	434	-	460	-	-	-	-
w 23/14	078	-		143	381	159	353	-	314	-	550	-	-	-	-	-	-
w 24/17	126	-		126	248	178	551	188	409	254	711	336	-	-	-	-	-
Σx	762	-		983	1168	1027	3000	580	3684	254	4017	336	1274	-	-	-	-
$\bar{x}$	095	-		123	292	171	375	193	461	254	574	336	637	-	-	-	-
$\bar{s}$	016	-		018	075	018	102	030	143	-	114	-	250	-	-	-	-

G Vpn		Punktmengen - ruhend															
6 J.		2		3		4		5		6		7		8			
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c		
m 25/12	100	-		101	-	150	285	-	519	183	621	-	773	-	-	-	-
m 26/11	082	-		073	-	106	-	120	427	230	782	171	584	242	495	-	-
m 27/18	-	-		102	-	090	-	172	-	158	349	201	567	143	598	-	-
m 28/23	101	-		091	-	113	-	185	279	115	370	220	491	234	366	-	-
w 29/ 1	-	-		106	-	145	288	213	315	108	-	-	401	-	-	-	-
w 30/ 2	-	-		097	-	127	311	211	310	100	452	-	403	-	-	-	-
w 31/16	-	-		102	-	151	431	182	752	193	492	240	630	187	367	-	-
w 32/13	076	-		076	-	097	-	129	262	092	280	089	393	136	318	-	-
Σx	359	-		748	-	979	1315	1212	2864	1179	3346	921	4242	942	2144	-	-
$\bar{x}$	090	-		094	-	122	329	173	409	147	478	184	530	188	429	-	-
$\bar{s}$	013	-		013	-	024	069	037	177	051	174	059	134	049	115	-	-

G Vpn		Punktmengen - bewegt															
6 J.		2		3		4		5		6		7		8			
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c		
m 25/12	084	233		140	-	129	257	220	518	-	578	310	-	-	-	-	-
m 26/11	066	-		094	-	116	-	117	435	140	522	-	-	231	-	-	-
m 27/18	077	-		081	-	064	-	126	334	177	370	172	374	094	-	-	-
m 28/23	081	123		112	-	139	-	176	329	262	478	157	519	182	374	-	-
w 29/ 1	074	-		102	-	154	295	197	418	354	668	-	-	-	-	-	-
w 30/ 2	092	-		081	-	192	287	154	448	366	546	-	-	-	-	-	-
w 31/16	095	-		112	-	108	-	165	329	212	261	-	-	-	-	686	-
w 32/13	054	-		071	-	079	-	122	231	193	468	-	315	-	268	-	-
Σx	623	356		793	-	981	839	1277	3042	1704	3891	639	1208	507	1328	-	-
$\bar{x}$	078	178		099	-	123	280	160	380	243	486	213	403	169	443	-	-
$\bar{s}$	014	078		022	-	041	020	037	091	088	126	084	105	069	217	-	-

Urliste 4a: Reaktionszeiten (x/Vp in csec.) der Mengenerfassung bekannter und unbekannter Muster - differenziert nach den Beobachtungsdaten

'ohne Blickbewegungen' = s

'mit Blickbewegungen' = c

G	Vpn	Punkt mengen - bek. Muster													
		3 J.	s	2 c	s	3 c	s	4 c	s	5 c	s	6 c	s	7 c	
m	1/34	130	-	-	272	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
m	2/27	082	-	-	436	-	705	-	-	-	-	-	-	-	
m	3/44	086	-	-	078	-	075	-	112	-	105	-	-	776	
m	4/32	-	212	-	254	-	275	-	684	-	678	-	-	-	
w	5/41	078	-	132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
w	6/40	075	-	098	-	-	779	-	356	-	797	-	-	-	
w	7/28	120	-	-	416	-	534	-	-	-	-	-	-	-	
w	8/30	177	-	-	330	-	913	-	663	-	927	-	-	-	
Σx		960			2016		3281		1815		2507		776		
$\bar{x}$		120			252		547		454		627		776		
Δ		051			139		319		273		362		-		

G	Vpn	Punkt mengen - unbek. Muster													
		3 J.	2	c	3	c	4	c	5	c	6	c	7	c	
m	1/34	145	-	-	856	-	522	-	-	-	-	-	-	-	
m	2/27	219	-	-	634	-	522	-	-	-	-	-	-	-	
m	3/44	085	-	120	-	149	-	372	-	494	-	-	-	-	
m	4/32	166	-	-	434	-	428	-	650	-	-	-	-	-	
w	5/41	090	-	128	-	330	-	-	-	-	-	-	-	-	
w	6/40	095	-	-	359	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
w	7/28	199	-	-	523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
w	8/30	173	-	-	-	-	759	-	713	-	-	-	-	-	
Σx		1172			3054		2710		1735		494		-		
$\bar{x}$		147			436		452		578		494		-		
Δ		052			266		206		182		-		-		

G	Vpn	Punkt mengen - bek. Muster													
		4 J.		2		3		4		5		6		7	
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c
m	9/43	122	-	-	189	-	312	-	-	-	317	-	-	-	-
m	10/22	071	-	-	134	-	102	-	104	-	168	-	-	-	395
m	11/35	173	-	-	-	865	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m	12/26	084	-	-	089	-	093	-	106	-	160	-	-	-	333
w	13/21	123	-	-	-	101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	14/ 6	-	-	-	149	-	070	-	244	-	203	-	-	-	-
w	15/39	082	-	-	-	230	077	-	134	-	126	-	-	-	574
w	16/25	118	-	-	-	571	-	421	-	520	-	498	-	-	545
Σx		773			2328		1075		1108		1472		1847		
$\bar{x}$		110			291		179		222		245		462		
Δ		035			279		150		176		140		116		

G	Vpn	Punkt mengen - unbek. Muster													
		4 J.	s	2 c	s	3 c	s	4 c	s	5 c	s	6 c	s	7 c	
m	9/43	078	-	-	181	-	213	-	521	-	555	-	-	-	
m	10/22	-	-	-	121	-	144	-	668	-	381	-	-	527	
m	11/35	142	-	-	534	-	-	-	806	-	-	-	-	-	
m	12/26	104	-	-	256	-	-	366	-	352	-	780	-	-	
w	13/21	091	-	-	294	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
w	14/ 6	-	-	-	209	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
w	15/39	084	-	-	222	-	284	-	455	-	-	-	-	-	
w	16/25	103	-	-	363	-	436	-	626	-	999	-	-	999	
Σx		602			2180		1443		3428		2715		1526		
$\bar{x}$		100			273		289		571		679		763		
Δ		023			128		117		162		269		334		

Urliste 4b: Reaktionszeiten (x/Vp in csec.) der
Mengenerfassung bekannter und unbekann-
ter Muster - differenziert nach den
Beobachtungsdaten

'ohne Blickbewegungen' = s

'mit Blickbewegungen' = c

G	Vpn	Punktmengen - bek. Muster												
5 J.		s	2 c	s	3 c	s	4 c	s	5 c	s	6 c	s	7 c	
■	17/19	110	-	114	-	138	-	-	550	-	999	-	999	
■	18/ 9	149	-	-	237	-	823	-	403	-	494	-	-	
■	19/10	088	-	106	-	087	-	101	-	199	-	349	-	
■	20/20	102	-	-	194	132	-	222	-	234	-	-	887	
▼	21/ 4	-	-	106	-	083	-	162	-	112	-	-	311	
▼	22/37	065	-	098	-	-	283	-	467	-	364	-	490	
▼	23/14	-	147	099	-	-	310	172	-	150	-	-	-	
▼	24/17	089	-	176	-	126	-	155	-	114	-	-	271	
Σx		750		1130		1982		2232		2666		3307		
Σ		107		141		248		279		333		551		
Δ		031		054		248		169		300		314		

G	Vpn	Punktmengen - unbek. Muster													
	5 J.	2	3	4	5	6	7								
		c	c	c	c	c	c	c							
■	17/19	083	-	-	270	207	-	-	688	-	999	-	-		
■	18/ 9	117	-	-	288	-	-	-	-	-	350	-	-		
■	19/10	-	-	146	-	133	-	-	431	-	510	-	-		
■	20/20	082	-	-	233	263	-	-	-	-	459	-	660		
▼	21/ 4	-	-	116	-	315	-	324	-	440	-	-	-		
▼	22/37	086	-	140	-	212	-	232	-	314	-	-	-		
▼	23/14	083	-	-	381	-	486	-	548	-	999	-	805		
▼	24/17	095	-	134	-	457	-	-	-	999	-	791	-		
Σx		546		1708		2073		2223		5070		2256			
Σ		091		214		296		445		634		752			
Δ		014		095		132		180		309		080			

G	Vpn	Punktmengen - bek. Muster													
	6 J.	2 c		3 c		4 c		5 c		6 c		7 c			
■	25/12	089	-	124	-	095	-	-	485	183	-	-	-		
■	26/11	091	-	079	-	071	-	085	-	073	-	-	550		
■	27/18	-	-	102	-	095	-	171	-	103	-	126	-		
■	28/23	108	-	096	-	113	-	143	-	102	-	-	278		
▼	29/ 1	-	-	117	-	103	-	140	-	108	-	-	-		
▼	30/ 2	-	-	087	-	106	-	229	-	100	-	-	376		
▼	31/ 6	-	-	089	-	074	-	093	-	120	-	217	-		
▼	32/13	097	-	098	-	074	-	085	-	092	-	-	-		
Σx		385		792		731		1431		881		1547			
Σ		096		099		091		179		110		309			
Δ		009		015		016		133		032		162			

G	Vpn	Punktmengen - unbek. Muster													
6 J.	s	2 c	s	3 c	s	4 c	s	5 c	s	6 c	s	7 c			
■	25/12	110	-	112	-	-	144	-	714	-	706	-	773		
■	26/11	094	-	087	-	107	-	-	429	-	379	-	552		
■	27/18	-	-	086	-	095	-	-	138	123	-	284	-		
■	28/23	-	-	096	-	129	-	-	193	-	336	-	473		
▼	29/ 1	-	-	161	-	-	382	-	376	-	-	-	-		
▼	30/ 2	-	-	107	-	-	298	-	260	-	-	-	430		
▼	31/ 6	-	-	110	-	179	-	-	609	-	518	-	539		
▼	32/13	054	-	068	-	130	-	136	-	-	217	-	262		
Σx		258		827		1464		2855		2279		3313			
Σ		086		103		183		357		380		473			
Δ		029		028		103		217		210		175			

L e b e n s l a u f

Am 18. Februar 1950 wurde ich als viertes Kind des Landwirtes und Molkereibetriebsleiters Josef Kühn und seiner Ehefrau Hedwig Kühn, geb. Klammt in Brottewitz/Kreis Bad-Liebenwerda geboren.

Nach der Flucht aus der Sowjetischen Besatzungszone 1954 lebte unsere Familie in verschiedenen Durchgangslagern in Süd- und Norddeutschland (BRD).

Von 1956 - 1960 besuchte ich verschiedentlich Volksschulen in Ulm, Backnang, Ummeln bei Bielefeld und Senne I. Anschließend besuchte ich 6 Jahre das humanistische Progymnasium 'Johanneum' in Wadersloh bei Beckum und 3 Jahre das 'Kolleg St. Ludwig' (Gymnasium) in Vlodrop (NL), wo ich am 25. Mai 1968 das Abitur bestand.

Nach einem 'Freiwilligen Sozialen Jahr' (1968 - 1969) in einem Dortmunder Kinderheim studierte ich in Warendorf, Münster und Freiburg Katholische Theologie, vornehmlich jedoch an der 'Philosophischen und Theologischen Hochschule der Franziskaner und Kapuziner' in Münster, wo ich am 16. Juni 1976 das Abschlußexamen (vergleichbar dem Diplom) bestand. Von April 1976 bis September 1977 war ich im pastoralen Dienst des Bistums Münster teilzeitbeschäftigt (25 h/Woche).

Schon zum Wintersemester 1974/75 begann ich mein Psychologiestudium an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster, welches ich am 2. April 1979 mit dem Diplom abschloß. Am 1. April 1979 nahm ich meine berufliche Tätigkeit als Mitarbeiter in einer Beratungsstelle für Eltern, Kinder und Jugendliche des Caritasverbandes für die Stadt Münster e.V. auf, wo ich seitdem arbeite.

Nach dem Diplom setzte ich meine Studien an der Westfäl. Wilhelms-Universität in den Fächern Psychologie, Philosophie und Kath. Theologie fort. Zudem nahm ich in der Folgezeit an berufsbezogener Fortbildung verschiedener therapeutischer Richtungen, besonders der Individualpsychologie Alfred Adlers teil.

Die Anregung zu dieser Arbeit ergab sich aus dem Interesse, auch weiterhin empirisch tätig zu sein und die Befunde in die Beratungstätigkeit umzusetzen und einzubeziehen.

